

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID



**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**ESTUDIO TÉCNICO DE
INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN UN
EDIFICIO DE OFICINAS**

**PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL: MECÁNICA**

Autor: Daniel Encinas Bermejo

Director: Dr. Daniel Garcia-Pozuelo Ramos

Leganés, 2009

PROYECTO FIN DE CARRERA

“Estudio técnico de instalaciones eléctricas en edificio de oficinas”

Autor: Daniel Encinas Bermejo

Directores: Dr. Daniel Garcia-Pozuelo Ramos

Leganés, 17 de Diciembre de 2009

A mis padres

AGRADECIMIENTOS

Finalizado este trabajo, deseo manifestar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que, de una u otra forma, han colaborado en su elaboración.

En primer lugar, quiero agradecer a mi Director de Proyecto, Daniel Garcia-Pozuelo Ramos del departamento de Ingeniería Mecánica el haberme dado la oportunidad de realizar este proyecto, por toda su atención, su valiosa ayuda y su continuo asesoramiento, sin los cuales su realización no hubiese sido posible.

Un lugar destacado en este apartado de agradecimientos, es para mis padres. Por absolutamente todo lo que me han dado estos años de mi vida, su apoyo incondicional, su cariño y dedicación en los buenos momentos y sobre todo en los malos, su continua ayuda, aconsejandome y estimulandome en tiempos difíciles, por todo esto y por mucho más, gracias padres.

A Paula porque es una persona muy especial en mi vida, me completa día a día y me ofrece la oportunidad de compartir mis sueños e inquietudes con ella.

No puedo dejar sin mencionar a todos mis compañeros de la Universidad , a mis buenos amigos y a mi hermano por todos esos momentos increíbles y por haberme acompañado a vivir una de las etapas mas especiales de mi vida.

A todos, simplemente gracias.

Resumen

La industria utiliza aproximadamente la mitad de la energía eléctrica, una cuarta parte de su consumo de energía. La electricidad tiene muchos usos en las fábricas: se utiliza para mover motores, para obtener calor y frío, para procesos de tratamiento de superficies mediante electrólisis, etc. Una circunstancia reciente es que la industria no sólo es una gran consumidora de electricidad, sino que, gracias a la cogeneración, también empieza a ser productora.

La electricidad se utiliza en los hogares para usos térmicos (calefacción, aire acondicionado, agua caliente y cocina), en competencia con otros combustibles como el butano, el gasóleo, el carbón y el gas natural, siendo la única energía empleada para la iluminación y los electrodomésticos.

Nuestro proyecto trata de englobar la parte final de la electricidad, es decir, el consumo final por parte de un edificio de oficinas y locales comerciales.

Será fundamental comprender el funcionamiento de todas las partes internas de nuestra instalación y asegurar al usuario del edificio, el correcto uso de todas sus instalaciones.

En este proyecto se generarán los documentos necesarios para la implantación de la instalación eléctrica de un edificio de oficinas, propiedad de la empresa A.P.D.

El edificio a petición de nuestro cliente, estará dotado de todas las partes necesarias para su posterior uso, como edificio de oficinas. Por lo que tendrá que contar con una instalación de alumbrado, una instalación de fuerza y una instalación de tierras, aparte de contar con un suministro suplementario en caso de fallo de la corriente de red. Todas las zonas comunes del edificio se consideraran parte de un local de pública concurrencia.

Primeramente, realizaremos el diseño de la instalación, apoyándonos en la planimetría y en la especificaciones del cliente, a posteriori del diseño, en base a los fundamentos teóricos, se harán los cálculos oportunos para dotar a la instalación de los elementos necesarios para su correcto funcionamiento, cumpliendo en todo este proceso con la normativa vigente.

Después del diseño y el cálculo, se pasara a realizar unas comprobaciones, con la intención de asegurar el correcto funcionamiento de cada una de las partes de la instalación.

- COMPROBACION POR CAIDA DE TENSION.
- COMPROBACION POR DENSIDAD DE CORRIENTE.

Tras todo lo anterior, se realizará un presupuesto económico del proyecto y se obtendrán unas conclusiones y posibles desarrollos futuros.

Índice de Contenidos

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN **2**

1.1 INTRODUCCIÓN **2**

CAPÍTULO 2

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO **4**

2.1 OBJETIVOS **4**

2.2 ALCANCE **5**

CAPÍTULO 3

3. DESCRIPCION DEL PROYECTO **7**

3.1 SITUACION **7**

3.2 EDIFICIO **8**

3.3 INSTALACION DE ELECTRICIDAD **8**

CAPÍTULO 4

4. ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO **11**

4.1 ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO **11**

CAPÍTULO 5

5. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO **14**

5.1 DEFINICIÓN DE MAGNITUDES Y VARIABLES ELÉCTRICAS **14**

5.2 CONCEPTOS BÁSICOS EN CORRIENTE ALTERNA **18**

5.3 ELABORACION DE UN PROYECTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS **24**

5.3.1 DEFINICIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA **26**

5.3.2 ESQUEMA TIPO DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA **27**

5.3.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS PARTES DE LA INSTALACIÓN **28**

5.3.4 ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y APARELLAJE UTILIZADO	37
5.3.4.1 Cables	37
5.3.4.2 Fusibles	51
5.3.4.3 Interruptores Magneto-Térmicos	54
5.3.4.4 Diferenciales	58
5.3.4.5 Tubos y canalizaciones	63
5.4 HIPÓTESIS DE CÁLCULOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO	66
5.4.1 CÁLCULOS DE POTENCIA – PREVISION DE CARGAS	67
5.4.2 CÁLCULOS DE LA DENSIDAD DE CORRIENTE	69
5.4.2.1 En líneas con lámparas de descarga conectadas	69
5.4.2.2 En líneas con motores conectados	70
5.4.3 CÁLCULOS DE LA SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES	71
5.4.4 CÁLCULOS DE LA CAIDA DE TENSIÓN	73
5.4.4.1 Caídas de tensión admisibles	74
5.4.5 CÁLCULOS CONTRA SOBRE-INTENSIDADES	77
5.4.6 CÁLCULOS CONTRA SOBRE-CARGAS	83
5.4.7 CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN	89
5.4.8 CÁLCULOS DE LOS SISTEMAS DE TIERRA Y PARARRAYOS	89
5.5 REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA	91

CAPÍTULO 6

6. DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO	98
6.1 MEMORIA DESCRIPTIVA	98
6.1.1 OBJETO	99
6.1.2 PROPIEDAD	99
6.1.3 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	99
6.2 MEMORIA TÉCNICA	101
6.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	101
6.2.1.1 Acometida e instalaciones de enlace	102
6.2.1.2 Instalaciones interiores	105
6.3 CÁLCULOS	109
6.3.1 PREVISIÓN DE CARGAS	109
6.3.2 CÁLCULOS LÍNEA GENERAL ACOMETIDA Y LÍNEAS SECUNDARIAS	112
6.3.2.1 Ejemplo y justificación de cálculo para Línea General de Acometida	112
6.3.2.2 Ejemplo y justificación de cálculo para Derivación Individual	117
6.3.2.3 Ejemplo y justificación de cálculo para circuito de alumbrado	123
6.3.2.4 Ejemplo y justificación de cálculo para circuito de fuerza	129
6.3.3 CÁLCULOS DE ALUMBRADO	135

6.3.3.1 <i>Ejemplo de cálculo para zona de garajes</i>	137
6.3.3.2 <i>Ejemplo de cálculo para Cuartos técnicos</i>	143
6.3.3.3 <i>Ejemplo de cálculo para zona de oficinas</i>	145
6.3.4 CÁLCULOS DE LOS SISTEMAS DE PARARRAYOS	149
6.4 PLIEGO DE CONDICIONES	151
6.5 PRESUPUESTO	158
6.6 PLANOS	159

CAPÍTULO 7

<u>7. CONCLUSIONES Y OBJETIVOS CONSEGUIDOS</u>	<u>160</u>
7.1 CONCLUSIONES Y OBJETIVOS CONSEGUIDOS	160
7.2 DESARROLLOS FUTUROS	161

CAPÍTULO 8

<u>BIBLIOGRAFIA</u>	<u>163</u>
---------------------	------------

ANEXOS

Índice de Figuras

FIGURA 3.1 PLANO DE SITUACION.....	8
FIGURA 5.1 EJEMPLO DE RECIBO ELÉCTRICO.....	17
FIGURA 5.2 DEMANDA DE ENERGIA ELÉCTRICA EN ESPAÑA AÑO 2005	8
FIGURA 5.3 GRAFICA SINUSOIDAL DE LA TENSION EN C.A MONOFASICA	19
FIGURA 5.4 GRAFICA SINUSOIDAL DE LA TENSION EN C.A TRIFASICA	20
FIGURA 5.5 BOMBILLA INCANDESCENTE.....	21
FIGURA 5.6 DIAGRAMA VECTORIAL DE POTENCIAS.....	22
FIGURA 5.7 ESQUEMA TIPO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICA.....	27
FIGURA 5.8 DISTRIBUCION DE ELECTRICIDAD A LOS ABONADOS EN EL EDIFICIO..	28
FIGURA 5.9 CAJA GENERAL DE PROTECCION.....	30
FIGURA 5.10 LINEA GENERAL DE ALIMENTACION.....	31
FIGURA 5.11 CENTRALIZACION DE CONTADORES.....	32
FIGURA 5.12 TOMA DE TIERRA.....	33
FIGURA 5.13 LINEA DE USOS.....	34
FIGURA 5.14 DERIVACIONES INDIVIDUALES.....	35
FIGURA 5.15 CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCION DEL ABONADO.....	36
FIGURA 5.16 ESTRUCTURA CABLE ELECTRICO.....	37
FIGURA 5.17 CABLE DESNUDO.....	38
FIGURA 5.18 CABLE AISLADO.....	39
FIGURA 5.19 CABLE FLEXIBLE.....	39
FIGURA 5.20 CABLE RIGIDO DE UN SOLO CONDUCTOR Y DE VARIOS.....	39
FIGURA 5.21 CABLES UNI/TRI/TETRA POLAR Y MULTIPOLAR.....	40
FIGURA 5.22 PARTES DE UN CABLE.....	41
FIGURA 5.23 IDENTIFICACION DEL CONDUCTOR DE FASE.....	42
FIGURA 5.24 REVESTIMIENTO METALICO DE COBRE.....	44
FIGURA 5.25 CUBIERTA TRANSPARENTE DE PVC.....	45
FIGURA 5.26 AISLAMIENTO EN CABLES.....	46

<i>FIGURA 5.27 CABLES ELECTRICOS PROPAGADORES Y NO PROPAGADORES.....</i>	<i>47</i>
<i>FIGURA 5.28 CABLE MULTIPOLAR DE COBRE FLEXIBLE.....</i>	<i>48</i>
<i>FIGURA 5.29 CABLE UNIPOLAR DE 6 mm2 DE SECCION.....</i>	<i>49</i>
<i>FIGURA 5.30 CABLE BIPOLAR DE 6 mm2 DE SECCION.....</i>	<i>50</i>
<i>FIGURA 5.31 CABLE TRIPOLAR DE 6 mm2 DE SECCION.....</i>	<i>50</i>
<i>FIGURA 5.32 CABLE TETRA POLAR DE 6 mm2 DE SECCION.....</i>	<i>50</i>
<i>FIGURA 5.33 CABLE PENTA POLAR DE 6 mm2 DE SECCION.....</i>	<i>51</i>
<i>FIGURA 5.34 ESQUEMA FUSIBLE.....</i>	<i>51</i>
<i>FIGURA 5.35 EFECTOS DE FUSIBLE FUNDIDO INTERNAMENTE.....</i>	<i>52</i>
<i>FIGURA 5.36 ALGUNOS TIPOS DE FUSIBLES.....</i>	<i>53</i>
<i>FIGURA 5.37 TIPOS DE INTERRUPTORES MAGNETO TERMICOS.....</i>	<i>54</i>
<i>FIGURA 5.38 PARTES DE UN INTERRUPTOR MAGNETO TERMICO.....</i>	<i>55</i>
<i>FIGURA 5.39 CURVAS DE MAGNETO TERMICO TIPO B Y C.....</i>	<i>56</i>
<i>FIGURA 5.40 CURVAS DE MAGNETO TERMICO TIPO D Y Z.....</i>	<i>57</i>
<i>FIGURA 5.41 CURVAS TIPO MA Y TIPO UNESA.....</i>	<i>57</i>
<i>FIGURA 5.42 INTERRUPTORES DIFERENCIALES.....</i>	<i>58</i>
<i>FIGURA 5.43 EFECTOS SOBRE LA SALUD DEL PASO DE CORRIENTE.....</i>	<i>59</i>
<i>FIGURA 5.44 LAS DOS INTENSIDADES SON IGUALES.....</i>	<i>60</i>
<i>FIGURA 5.45 CURVA DE DISPARO DE UN INTERRUPTOR DIFERENCIAL.....</i>	<i>61</i>
<i>FIGURA 5.46 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN DIFERENCIAL.....</i>	<i>61</i>
<i>FIGURA 5.47 FLUJO DE CORRIENTES SIN DERIVA.....</i>	<i>62</i>
<i>FIGURA 5.48 FLUJO DE CORRIENTES CON DERIVA.....</i>	<i>62</i>
<i>FIGURA 5.49 TUBOS PRECABLEADOS.....</i>	<i>64</i>
<i>FIGURA 5.50 CAIDAS DE TENSION MAXMAS VARIAS CENTRALIZACIONES.....</i>	<i>75</i>
<i>FIGURA 5.51 APARATOS QUE TRABAJAN CON SU PROPIA PROTECCION.....</i>	<i>78</i>
<i>FIGURA 5.52 SUBTERRANEOS A UNA FINCA POR UNA VIA PUBLICA.....</i>	<i>92</i>
<i>FIGURA 6.1 DESCRIPCION PARTES DE LA INSTALACION.....</i>	<i>101</i>
<i>FIGURA 6.2 APROXIMACION LUMINICA DE LA ZONA DE RODADURA 1.....</i>	<i>139</i>
<i>FIGURA 6.3 APROXIMACION LUMINICA DE LA ZONA DE RODADURA 2.....</i>	<i>142</i>

FIGURA 6.4 APROXIMACION LUMINICA DE CUARTOS ELECTRICOS.....	144
FIGURA 6.5 APROXIMACION LUMINICA DE CUARTOS TECNICOS.....	145
FIGURA 6.6 APROXIMACION LUMINICA DE UN LOCAL COMERCIAL.....	148

Índice de Tablas

TABLA 5.1 CLASIFICACION DE COLORES NORMALIZADA PARA CABLES B.T.....	43
TABLA 5.2 FACTORES DE POTENCIA.....	67
TABLA 5.3 CONDUCTIVIDAD DE COBRE Y ALUMINIO.....	72
TABLA 5.4 RESISTIVIDAD DEL COBRE Y ALUMINIO.....	73
TABLA 5.5 CAIDAS DE TENSION MAXIMAS	76
TABLA 5.6 VALORES APROXIMADOS DE LA REACTANCIA DE UN CONDUCTOR.....	80
TABLA 5.7 RESISTIVIDAD DE COBRE Y ALUMINIO.....	81
TABLA 5.8 VALORES DE k EN FUNCION DE COBERTURA Y TEMPERATURA.....	82
TABLA 5.9 CALCULO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO.....	83
TABLA 5.10 NOMENCLATURAS REFERENTES A INTENSIDAD.....	84
TABLA 5.11 INTENSIDADES ADMISIBLES EN MONOFASICO.....	86
TABLA 5.12 INTENSIDADES ADMISIBLES EN TRIFASICO.....	87
TABLA 5.13 VALORES DE I_{tc} PARA INTERRUPTORES MAGNETO TERMICOS.....	88
TABLA 5.14 VALORES DE I_{tc} PARA FUSIBLES	88
TABLA 6.1 PREVISION DE CARGAS ZONAS COMUNES.....	110
TABLA 6.1 PREVISION DE CARGAS ZONAS COMUNES.....	111

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN



Capítulo 1

Introducción

1.1 Introducción

Los edificios de oficinas probablemente han afrontado más retos y sufrido mayores cambios en los últimos años que cualquier otro tipo de edificio. La creciente globalización económica, las nuevas tecnologías de información y comunicaciones, así como los nuevos retos medioambientales, plantean demandas en un sector de la arquitectura que, durante casi un siglo, ha estado marcada por las normas y estándares constructivos y las exigencias de la organización interna. No obstante, las antiguas soluciones ya no son viables para muchas empresas modernas, en las que la flexibilidad y movilidad determinan el día a día de una nueva generación de empleados nómadas. La arquitectura tiene que adaptar su práctica de proyecto a estos nuevos planteamientos.

Hoy en día en el mundo de la construcción, tan de moda, se plantea el diseño de los edificios pormenorizadamente; optimizando cada detalle y permitiendo niveles de vida muy superiores en cuanto a calidades y acabados de lo que cabría esperar hace unos años.

La idea de cualquier edificación pone en marcha un complejo mecanismo en la que los diferentes engranajes deben organizarse a la perfección para la consecución de la obra adecuadamente; así desde el arquitecto que desarrolla la estructura hasta el ingeniero que calcula las instalaciones o el instalador que lleva a cabo las ideas de los anteriores deben organizarse en un baile de cálculos, números, diseños, etc.

En la mentalidad de todo ingeniero está realizar una obra que cumpla las expectativas de funcionamiento a la perfección, y ese será el objetivo del presente proyecto.

CAPITULO 2

OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO



Capítulo 2

Objetivos y Alcance del Proyecto

2.1 Objetivos

El proyecto consiste en una descripción detallada y el cálculo de las infraestructuras necesarias para la habitabilidad y funcionalidad de un edificio de oficinas. Se pretende hacer un proyecto lo más veraz y próximo a la realidad que nos permita aplicar los conocimientos eléctricos y de diseño aprendidos en el transcurso de la carrera. Para ello y adecuándonos a la norma o ley competente se hará el estudio de la instalación eléctrica. Donde se habrá de cumplir, los siguientes puntos:

- Que la intensidad admisible por el cable sea superior a la demandada.
- Que la caída de tensión desde el cuadro general sea inferior al 3%.
- Que la sección de cable sea normalizada.
- Que la instalación tenga línea de tierra.
- Que la sección de la tierra sea acorde a la fase y al neutro asociado.
- Que las secciones de fase y neutro sean acordes.
- Que los cables entren en el interior del tubo asignado.
- Que el pia pueda trabajar a la tensión que se le solicita y que la intensidad a la que abre el circuito sea inferior a la máxima que soporta el cable.
- Que el poder de corte a cortocircuito en KA, de la PIA y/o magneto térmico sea mayor que la de la I_{cc} de la línea.
- Que no exista ninguna PIA, aguas abajo de mayor Intensidad.
- Que la intensidad de la línea, sea igual o menor que la de la protección, e igual o menor que la del cable utilizado.
- Que las intensidades de cortocircuito máxima y mínima, sean acordes a las del cable para que la protección dispare, antes de derretirse el mismo.
- Que esté protegida contra contactos indirectos aguas arriba.



2.2 Alcance

La instalación eléctrica se apoya en su propia normativa, Reglamento de Baja Tensión (R.B.T) y Reglamento de Alta y Media Tensión (R.A.T), sin embargo desde el 29 de septiembre de 2006 se hizo efectiva una única norma de aplicación nacional que equipara las normativas existentes y unifica los diversos criterios hasta ahora seguidos, tratando de despejar dudas y desacuerdos. Esta norma nace con vocación de estandarizarnos y acercarnos a los países europeos. La norma se llama Código Técnico de la Edificación, y se le conoce por sus iniciales; C.T.E.

Al tratarse de un edificio de oficinas, dentro del ámbito de aplicación del C.T.E, estaremos obligados a cumplir los dos reglamentos anteriormente citados, y a parte se habrá de cumplir con una serie de documentos básicos que hacen referencia principalmente a la eficiencia energética lumínica, contenidos en el Código Técnico de la Edificación.

Dentro del proyecto que nos ocupa, se desarrollaran todos aquellos elementos que configuran las Instalaciones Eléctricas del edificio en cuestión. Tanto los que se encuentran ubicados en interior del mismo como los que estén situados en el exterior, dentro del límite de la parcela propiedad de ANSELMO PEREZ DIAZ.S.A. (A.P.D), empresa de arquitectura que contrata el proyecto de instalación eléctrica de un edificio de oficinas.

CAPITULO 3

DESCRIPCION DEL PROYECTO



Capítulo 3

Descripción del Proyecto

El proyecto contará, para la instalación eléctrica, con documento explicativo teórico de cálculo, pliego de condiciones técnicas y presupuesto. Para completar la comprensión del proyecto se adjuntan una serie de planos que aportan información añadida de las instalaciones.

3.1 Situación

El edificio se encuentra situado dentro del término municipal de Madrid, distrito de San Blas, en la Calle Belfast, números 17-19-21, en el polígono empresarial Las Mercedes.

La parcela de actuación linda con:

- Al Norte con propiedad vecina en una línea recta de 57.62 m
- Al Sur con propiedades vecinas en un tramo recto de 57.52 m.
- Al Este con propiedades vecinas en una línea recta de 52.40 m.
- Al Oeste con la calle Belfast en una línea recta de 51.47 m.



Figura 3.1 Plano de Situación.

3.2 Edificio

Se trata de un edificio de uso industrial, con dos plantas bajo rasante de aparcamiento, que como consecuencia del programa de necesidades y las condiciones de las ordenanzas de aplicación, responde a la siguiente propuesta:



3.3 Instalación de Electricidad

Se describirá detalladamente en los documentos de memoria, anexo de cálculos y pliego de condiciones técnicas todos los aspectos de la instalación eléctrica para su correcta comprensión.

- **Instalación de Electricidad:** Se hace el cálculo para abastecimiento eléctrico del edificio, los locales comerciales y toda la maquinaria necesaria en instalaciones como pueden ser las máquinas de extracción de aire en garajes o las máquinas de climatización. Se ubican los huecos para subir las líneas hasta cada subcuadro desde el cuadro general así como el cuarto destinado a contadores eléctricos.

CAPITULO 4

ORGANIZACION DEL PROYECTO



Capítulo 4

Organización del Proyecto

4.1 Organización del Proyecto

El presente documento pretende desglosar cada parte de forma clara para una comprensión fácil. Las partes son las siguientes:

- ❑ **Introducción:** Se hace una breve descripción del entorno del proyecto, los objetivos que se esperan del mismo y se orienta sobre los puntos que se desarrollan a lo largo del informe.
- ❑ **Memoria:** Se hace una descripción pormenorizada de la instalación con la que queremos dotar al edificio, teniendo en cuenta la normativa a aplicar y sus condiciones propias.
- ❑ **Cálculos:** Este apartado viene a completar el apartado anterior ya que lo que hace es aportar datos concretos de la instalación. Los cálculos se hacen en base a las normativas concretas que han servido para la realización de la memoria. Muchos de los cálculos se realizan utilizando soportes informáticos de contrastada fiabilidad.
- ❑ **Presupuesto:** Se determina el coste total de la instalación dando una visión por separado y global del aspecto económico en la construcción de unas viviendas.
- ❑ **Pliego Condiciones:** El Pliego de Condiciones del proyecto es, desde el punto de vista legal y contractual, es el documento más importante del proyecto a la hora de su ejecución material. Los planos reflejan lo que hay que hacer, pero son las especificaciones de materiales y equipos, y las de ejecución, las que establecen cómo y con que hay que hacerlo.



Información Complementaria:

- ❑ **Conclusiones:** Se comenta el resultado tras la realización del actual proyecto, cómo se han conseguido los objetivos marcados al comienzo del mismo y la aportación que éste ha realizado a desarrollar los conocimientos propios de la carrera.
- ❑ **Bibliografía:** Aporta las fuentes sobre las que se ha basado la realización del proyecto.
- ❑ **Anexos:** Viene a completar la información anteriormente explicada ya sea aportando planos explicativos o con cálculos que redondean el proyecto.

CAPITULO 5

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ***SISTEMA ELÉCTRICO***



Capítulo 5

Fundamentos teóricos del sistema eléctrico

En los apartados siguientes se describen todas las características del conjunto de la Instalación Eléctrica, así como su funcionamiento básico. [1], [4], [5], [6], [7], [8], [9]

Todos los elementos enunciados se encuentran descritos en detalle en los siguientes apartados del Proyecto.

Instalaciones Eléctricas de un edificio de oficinas, por encargo expreso de la propiedad: APDSA

5.1 Definición de magnitudes y variables eléctricas

Dentro del proyecto que nos ocupa, se desarrollaran todos aquellos elementos que configuran las Instalaciones Eléctricas del edificio en cuestión. Tanto los que se encuentran ubicados en interior del mismo como los que estén situados en el exterior, dentro del límite de la parcela propiedad de APDSA.

➤ TENSION (V)

El voltaje o tensión eléctrica es una medida de la energía por unidad de carga que se pone en juego cuando los electrones se mueven entre los extremos de un hilo conductor. Para que exista una corriente eléctrica en un hilo conductor es preciso que se establezca entre sus extremos una diferencia potencial o voltaje. Es, por tanto. El desnivel eléctrico existente entre dos puntos de un circuito.

Es la fuerza de la corriente eléctrica. Cuanto mayor es, más deprisa fluyen los electrones. La unidad de medida es el voltio (V).

➤ RESISTENCIA \mathcal{R}

Oposición que ofrece el medio conductor al paso de corriente eléctrica. La unidad de medida es el ohmio (Ω)

Cada material posee una resistencia específica característica que se conoce con el nombre de resistividad. Se define como la resistencia de un cilindro de ese material que tiene 1mm² de sección y 1metro de longitud. así la resistividad vendrá dada en $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Los materiales más utilizados son el cobre (Cu) con una resistividad de 0.0172 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ y el aluminio (al) con una resistividad de 0.028 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ (ambas resistividades son a 20 0C).

Por tanto para el cálculo de la resistencia de un material será:

$$R = \rho \cdot l / s$$

donde “ ρ ” es la resistividad del conductor “ l ” la longitud en metros y “ S ” la sección en mm².

Otro parámetro importante relacionado con la resistencia es la influencia de la temperatura. A que aumenta la temperatura también lo hace la resistencia del material conductor.

➤ INTENSIDAD (I)

Es la cantidad de electricidad que atraviesa un conductor en la unidad de tiempo (1segundo). Su unidad es el amperio (A). Es una medida del número de electrones excitados que podemos encontrar en un conductor.

La intensidad eléctrica esta en estrecha relación con el voltaje disponible y con la resistencia del circuito. La relación es simplemente:

$$\text{Intensidad eléctrica} = \text{voltaje} / \text{resistencia}$$

$$\boxed{I = \frac{U}{R}} \longleftrightarrow \boxed{U = R \cdot I} \longleftrightarrow \boxed{R = \frac{U}{I}}$$

y es una de las expresiones de la llamada ley de ohm, por el nombre del científico que describió por primera vez esta relación.



Donde:

- “I” es la intensidad de corriente en amperios (A)
- “U” es la tensión eléctrica expresada en voltios (V)
- “R” es la resistencia de la materia expresada en ohmios (Ω)

➤ CONDUCTIVIDAD (σ)

La conductividad de un material mide la facilidad con que permite el paso de la corriente eléctrica. Depende de la cantidad de electrones libres disponibles en una sección determinada del material. Se mide en unidades Siemens (S) por metro.

A continuación vamos a dar las definiciones de las magnitudes de consumo.

➤ POTENCIA (P)

Es la cantidad de corriente eléctrica que absorbe un dispositivo eléctrico en un tiempo determinado. La potencia es la cantidad de trabajo desarrollado en una unidad de tiempo. Por tanto la potencia es instantánea y no debe confundirse con el término energía, La unidad de medida de la potencia es el vatio (W).

La ley de Ohm, como se ha visto anteriormente, establece la relación entre la tensión, la corriente y la resistencia.

$$\boxed{P = V \cdot I} \longleftrightarrow \boxed{P = I^2 \cdot R} \longleftrightarrow \boxed{P = V^2 / R}$$

Donde:

- “P” es la potencia expresada en vatios (W)
- “V” es la tensión eléctrica expresada en voltios. (V)
- “I” es la intensidad expresada en amperios (A)

➤ ENERGIA

La energía es una medida de la cantidad de trabajo realizado durante un tiempo determinado. Se expresa como una potencia actuando durante un periodo de tiempo determinado. La unidad de energía es el julio (J), que es la energía consumida por un circuito de un vatio de potencia durante un segundo.

Dado que esta unidad es muy pequeña se emplea otra de valor mucho más elevado, llamada kilovatio.hora (Kwh), que equivale a la energía consumida por un circuito de un kilovatio de potencia durante una hora.

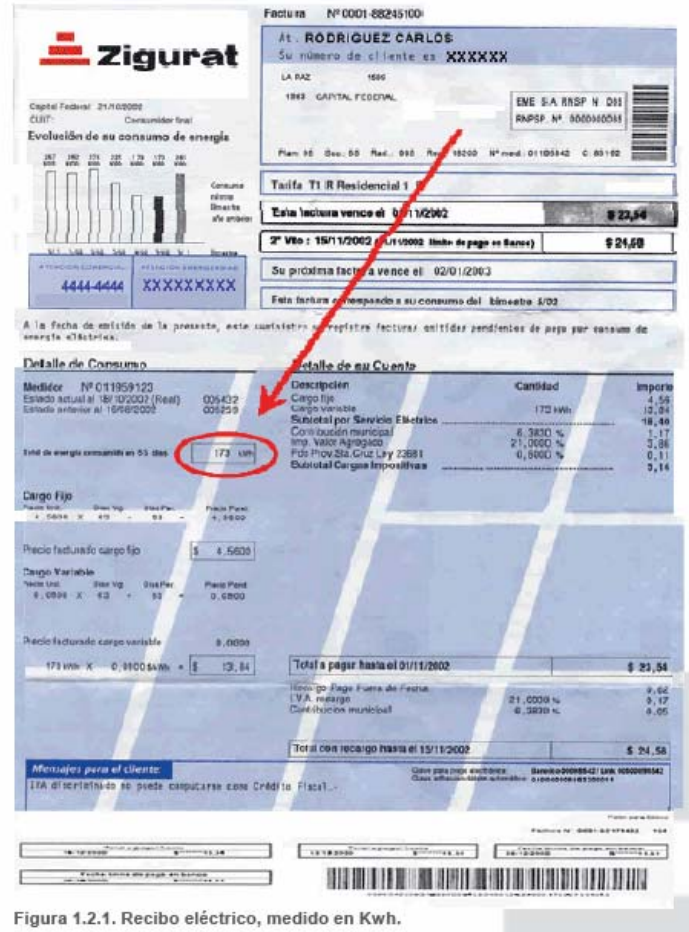


Figura 1.2.1. Recibo eléctrico, medido en Kwh.

Figura 5.1 Recibo eléctrico

El recibo eléctrico se mide en Kwh, El consumo eléctrico anual por persona en los hogares de es algo mayor de 1000 Kwh.

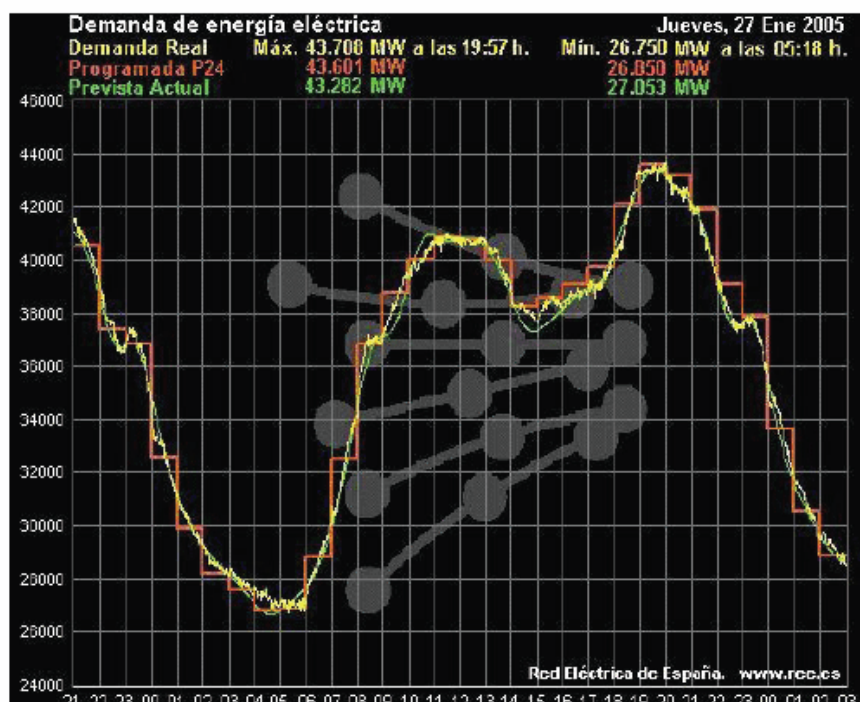


Figura 5.2 Demanda de energía eléctrica en España el 27 enero 2005

5.2 Conceptos básicos en corriente alterna

Dentro del proyecto que nos ocupa, se desarrollaran todos aquellos elementos que configuran las Instalaciones Eléctricas del edificio en cuestión. Tanto los que se encuentran ubicados en interior del mismo como los que estén situados en el exterior, dentro del límite de la parcela propiedad de APDSA.

➤ CORRIENTE ALTERNA

La electricidad que proviene de una batería es corriente continua (CC), es decir, los electrones circulan en una única dirección. Sin embargo, la mayoría de las redes eléctricas del mundo son de corriente alterna (CA).

Una de las razones para el uso de la corriente alterna es que resulta muy económico aumentar o disminuir su voltaje. Y precisamente uno de los factores que más ha influido en el hecho de que la mayoría de las instalaciones sean de CA es el hecho de posibilitar su transporte a grandes distancias con las menores pérdidas posibles.

Esto es así, debido a la transformación en alta tensión o muy alta tensión. Debido a que la transformación se realiza a potencia constante ($P=V \times I = \text{cte}$) mientras se aumenta la tensión disminuye la intensidad, responsable de las pérdidas.

Otra de las razones por la que se utiliza corriente alterna es que resulta difícil y caro construir disyuntores (interruptores) para altos voltajes de CC que no produzcan chispas menores.

➤ FRECUENCIA DE RED

Con una corriente alterna en la red eléctrica la corriente cambia de dirección muy rápidamente, tal como se ilustra en el gráfico de abajo: la corriente doméstica en casi todo el mundo es una corriente alterna de 230 voltios y 50 ciclos por segundo = 50 Hz.

Al número de ciclos por segundo también se le llama frecuencia de la red. En América la corriente es de 120 V con 60 ciclos por segundo (60 Hz).

En un sistema a 50 Hz un ciclo completo dura 20 milisegundos (ms), es decir, 0,020 sg. En ese tiempo la tensión recorre realmente un ciclo completo entre +325 V hasta -325 V.

La razón por la que decimos que es un sistema a 230 voltios es que la energía eléctrica por segundo (potencia) en promedio es equivalente a la que se obtendría de un sistema de CC a 230 voltios.

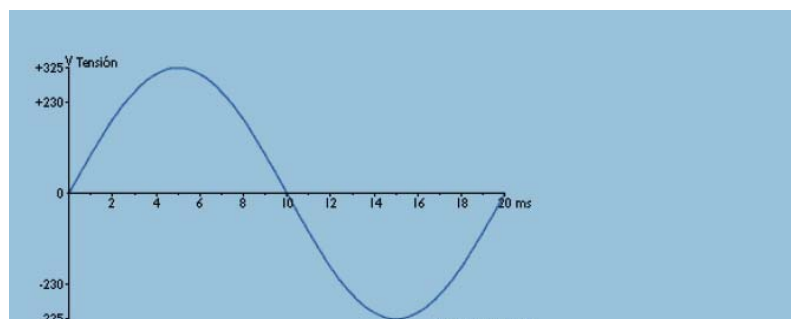


Figura 5.3 Gráfica sinusoidal de la tensión en corriente alterna monofásica en función del tiempo

Como se observa en el gráfico, la tensión tiene una variación suave. Este tipo de forma de onda se llama curva sinusoidal, debido a que puede obtenerse a partir de la gráfica de la función seno de x .

CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICA

La potencia de la corriente alterna (CA) fluctúa. Para uso doméstico esto no supone un problema, dado que el cable de la bombilla permanecerá caliente durante el breve intervalo de tiempo que dure

la caída de potencia. De hecho, los tubos de Leoni (y la pantalla de su ordenador) parpadearan, aunque más rápidamente de lo que el ojo humano es capaz de percibir.

Para que un motor funcione es necesario crear una fuerza electromotriz, que se consigue mediante la conversión de la intensidad en magnetismo. Esto es solo posible con corrientes continuas. De hecho los motores de corriente continua funcionan internamente como motores de corriente alterna, haciéndolo fluctuar.

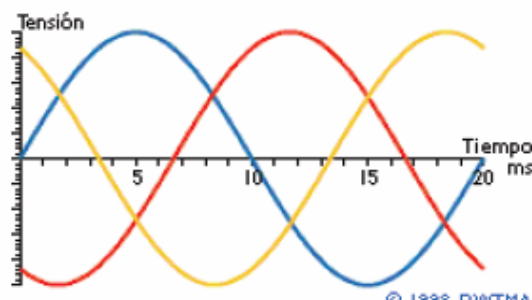


Figura 5.4 Gráfica sinusoidal de la tensión en corriente alterna trifásica en función del tiempo

En cualquier punto a lo largo del eje horizontal del grafico de la figura de arriba se puede comprobar que la suma de las tres tensiones es siempre cero. Además, la diferencia de tensión entre dos fases cualesquiera fluctúa como una corriente alterna, de modo que es posible encontrar diferentes tensiones en una red trifásica.

➤ **FACTOR DE POTENCIA**

Las diferentes maquinas poseen internamente diferentes elementos que provocan que el voltaje y la intensidad se desfasen, Estos elementos se clasifican en tres tipos:

- Resistivos
- Inductivos
- Capacitivos

El desfase que existe entre la tensión y la intensidad ideal debe ser nulo.

Si los elementos que poseen internamente son resistivos, estos elementos no provocan desfase. Es decir, si representamos la curva de tensión e intensidad en un grafico temporal ambas estarán sincronizadas (cuando haya un máximo de tensión abra un máximo de intensidad y cuando haya un mínimo de tensión abra un mínimo de intensidad).

Estos equipos resistivos suelen ser calentadores, estufas, termos, bombillas incandescentes.

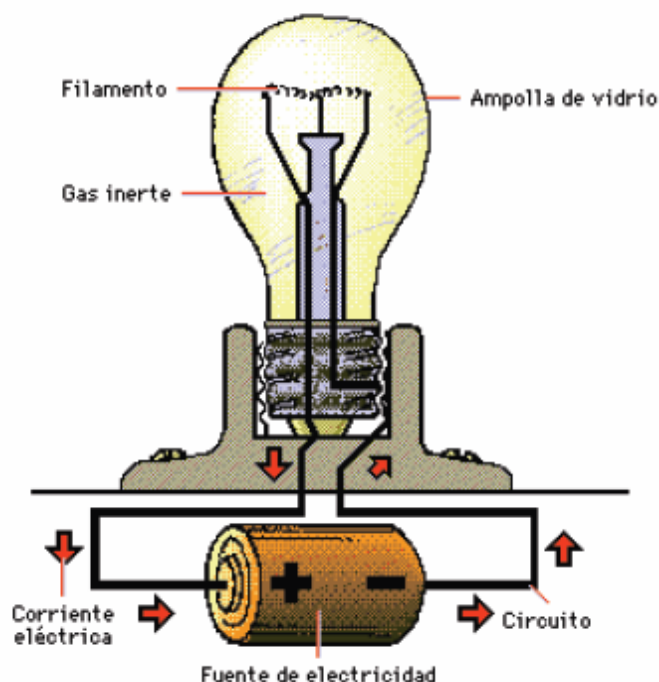


Figura 5.5 Bombilla incandescente

Si los elementos que poseen internamente son inductivos, la tensión está retrasada respecto a la intensidad y provocan desfase, de modo que cuando haya un máximo en la tensión la intensidad ya lo habrá tenido.

Entre estos equipos inductivos podemos encontrar los fluorescentes, las lámparas de bajo consumo inductivas, los transformadores y sobre todo los motores.

Si los elementos que poseen internamente los equipos son capacitivos, la tensión está adelantada respecto a la intensidad y provocan desfase. Estos equipos suelen ser lámparas de descarga en el arranque.

Por lo tanto en una instalación global, tanto de vivienda u oficinas como industrial, lo más habitual es que la intensidad y el voltaje se encuentren desfasados, puesto que la mayoría de las cargas no son resistivas.

A este desfase, se le denomina $\cos\phi$ o FACTOR DE POTENCIA. Este Angulo es el que forma el vector intensidad y el vector voltaje. El valor que interesa analizar no es el Angulo, sino su coseno. De modo que cuanto mayor es el Angulo menor es el valor del factor de potencia (fp) y, por tanto, peor su rendimiento con lo cual, cuanto mayor es el valor de fp mejor será el rendimiento de la instalación.

Cuánto mayor sea este desfase, el rendimiento de la instalación es más desfavorable, de modo que se consume más potencia de la que se aprovecha. La compañía se asegura de cobrar esta potencia desfasada colocando dos contadores, uno correspondiente a la energía activa consumida (habitual) y otro correspondiente a la energía reactiva consumida (la indeseada). Es perjudicial este desfase tanto para nuestras propias maquinas como para la red, con lo que la compañía eléctrica penaliza este hecho, cobrando el valor del kilovatio-hora a un precio muy elevado y recompensando a aquellas empresas donde el factor de potencia es alto.

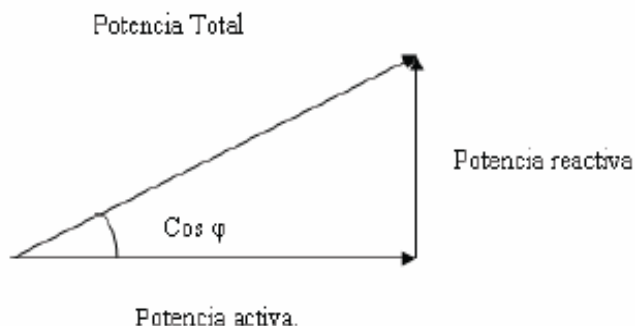


Figura 5.6 Diagrama vectorial de potencias: total, activa y reactiva

La potencia efectiva o real es la que en el proceso de transformación de la energía eléctrica se aprovecha como trabajo, es la potencia activa P:

$$\text{Sistema monofásico: } P = V \cdot I \cdot \cos(\varphi)$$

$$\text{Sistema trifásico: } P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos(\varphi)$$

La potencia reactiva Q es la encargada de generar el campo magnético que requieren para su funcionamiento los equipos inductivos, como los motores y transformadores:

$$\text{Sistema monofásico: } Q = V \cdot I \cdot \sin(\varphi)$$

$$\text{Sistema trifásico: } Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin(\varphi)$$

La potencia aparente S es la suma geométrica de las potencias activa (P) y reactiva (Q), que además se puede obtener como:

$$\text{Sistema monofásico: } S = V \cdot I$$

$$\text{Sistema trifásico: } S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

Es fundamental conocer, para dimensionar las líneas y las protecciones, los desfases de cada una de las maquinas que utilizaremos en nuestras instalaciones, ya que éstas deben ser dimensionadas en función de la potencia S y no la potencia P.

Si esta consideración se pasa por alto, los cables se sobrecalentaran y las protecciones serán suficientes.

Cuando el $\cos\phi$ en una instalación es muy bajo, existen aparatos para aumentarlos. Este aparato es un conjunto de condensadores que absorben la potencia.

Este problema se soluciona colocando en la cabecera de la instalación una batería de condensadores, a fin y efecto de compensar la energía reactiva que se introduce en el sistema, quedando compensada justo antes de los contadores de consumo.

La batería de condensadores se puede determinar por cálculos estimativos o analizando los consumos de un periodo de unos seis meses, por medio de facturas eléctricas.

Por la relación coste-ahorro en la factura energética son equipos que se amortizan en periodos inferiores a un año.

Otro modo de compensar el desfase es colocar maquina a maquina(o fluorescente a fluorescente) un condensador que estabilice el desfase.

➤ CAIDA de TENSION

La caída de tensión es el efecto de pérdida de tensión, y por tanto de potencia, debida a la longitud de una línea, en función de la sección escogida y de la potencia demandada.

A mayor longitud mayor perdida. A menos sección mayor perdida.

Para corrientes monofásicas y trifásicas, las caídas de tensión se cuantifican como respectivamente:

La caída de tensión es el efecto de pérdida de tensión, y por tanto de potencia, debida a la longitud de una línea, en función de la sección escogida y de la potencia demandada.

A mayor longitud mayor perdida. A menos sección mayor perdida.

Para corrientes monobásicas y trifásicas, las caídas de tensión se cuantifican como respectivamente:

$$\delta = \frac{\sqrt{3} \ell L I \cos \phi}{s}$$

$$\delta = \frac{2 \rho L I \cos \phi}{s}$$



Donde:

“L” es la longitud de la línea.

“I” es la intensidad del cable.

“S” es la sección del cable.

“ Δ ” es la caída de tensión

“ ρ ” es la resistividad del material (Cu o Al)

Este efecto es solo compensable interviniendo en la sección del cable, puesto que el resto de parámetros son inherentes a la instalación. Así la intensidad y el factor de potencia dependerán de la carga, la resistividad dependerá del material del cable y la longitud del lugar donde este la carga.

Las caídas de tensiones máximas permitidas por la reglamentación actual son actual son varias dependiendo de la parte de la instalación entre otras:

3% máximo desde la cabecera hasta la carga, para circuitos interiores en viviendas, 1,5% máximo en la cabecera hasta la carga, para derivaciones individuales de un único usuario.

Más delante se indicaran la totalidad de los valores.

5.3 Elaboración de un proyecto de instalaciones eléctricas

En primer lugar un proyecto puede realizarse de muchas y muy diferentes maneras y dependiendo del proyecto en cuestión requerirá unos permisos, licencias, normativas, etc..

No actuaremos igual si el proyecto versa sobre una nave industrial o sobre un conjunto de viviendas que requieren unas calidades determinadas para ser habitadas.

La propiedad establece la prioridad de proyectar locales de superficies semejantes, a ser posible en un número de tres por planta. Además se deberá disponer un núcleo de comunicaciones que sirva a todos los locales, minimizando al máximo las zonas de pasillos.

Asimismo, se debe proyectar un garaje bajo rasante con capacidad suficiente para cumplir con la dotación necesaria de plazas de aparcamiento. Si es posible se dispondrá una zona de aparcamiento en superficie.



Todo ello cumpliendo la normativa mencionada anteriormente e intentando agotar la edificabilidad.

Lo que requerirá los siguientes pasos:

- 1 **Boceto del proyecto:** será un boceto porque se verá sujeto a múltiples modificaciones, pero debe presentar de forma lo más detallada posible todas las estructuras y espacios exigibles.
- 2 **Obtención de las diferentes licencias:** Los permisos oportunos se han de conseguir, para oficinas, presentando licencias de edificio y garaje. Estas licencias constan de memoria, presupuesto y cierta información complementaria pero no llegan a realizar un cálculo tan exhaustivo como el que se realiza en un proyecto de ejecución.
- 3 **Proyecto de ejecución:** El proyecto de ejecución es aquel que aporta los datos justificativos basados en las normativas aplicables necesarios para la elaboración del edificio en sí y define en profundidad las infraestructuras y demás. Es el documento válido en obra y sobre el que se basarán todas las justificaciones de por dónde van o deberían ir las instalaciones, donde se ubicarán los cuartos definitivos, etc. Incluirá un presupuesto lo más cercano posible a lo que al final de la obra puede llegar a ser. El presente documento pretende ser esto mismo, un proyecto de ejecución. Nos detendremos por tanto en este punto sabiendo que una obra consta además de Inspecciones, Certificado Final de Obra y Licencia de Primera Ocupación una vez terminadas las obras y antes de que las oficinas sean ocupadas.

Para la realización del proyecto de ejecución deberemos:

- 1 **Ubicar el proyecto en sí:** esto atañe tanto a la normativa a consultar referente al lugar donde irá nuestra instalación como a las posibilidades que nos puede ofrecer el espacio elegido de edificación; así no será lo mismo edificar en lo alto de una montaña, que cercanos a una playa. Requiere estudios de terreno, climatológicos, de situación, etc.
- 2 **Estudio de la arquitectura:** En primera instancia el proyecto parte de una serie de planos, en planta y dos dimensiones, de la arquitectura del edificio. A partir de éstos el método a seguir consiste en ir buscando los huecos donde ir alojando las diferentes instalaciones. Cada instalación deberá cumplir y adecuarse a una serie de normas, donde deberemos aplicar, en caso de duda o en el caso de que dos normas discrepen, siempre la más restrictiva.

En el apartado de cálculos y memoria se especifica concretamente la normativa.

Así pues los huecos o cuartos que deberemos tener en cuenta para nuestra instalación son:

- **Cuarto de electricidad:** en función del número de viviendas, alojaremos los suministros monofásicos para viviendas y trifásicos si los hubiere. Deberá ser local o cuarto en función del número de contadores y cumplirá unas dimensiones estipuladas.



- **Cuarto de extracción:** en caso de que el garaje necesite de extracción de aire forzada, por no bastarle con la ventilación natural, deberemos disponer de una habitación dónde situar los extractores.
- **Recinto de Instalaciones de Telecomunicaciones Inferior:** RITI, en planta baja o sótano.
- **Recinto de Telecomunicaciones Superior:** RITS, en azotea o última planta.

En nuestra instalación eléctrica tendremos que tener previsto un hueco o patinillo de dimensiones concretas para hacer llegar el servicio a todo el edificio. Éste hueco deberá estar correctamente delimitado y no se deberá mezclar con el de otras instalaciones, y por supuesto que tendrán que ser registrables en cada planta.

Éste paso es de vital importancia, y ha de hacerse en comunión con los arquitectos y diseñadores del edificio ya que en caso de modificaciones severas, la arquitectura puede verse afectada.

- 3 **Dimensionamiento y cálculos:** Es el grueso del documento. Se justifican los cálculos y dimensiones de todos los elementos además de aportar una serie de planos que describen el emplazamiento de nuestra instalación.

5.3.1 Definición de instalación eléctrica

La instalación eléctrica para baja tensión se define como el conjunto de aparatos y circuitos asociados en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de energía eléctrica, cuyas tensiones nominales sean iguales o inferiores a 1.000 voltios en ca. y 1.500 voltios en cc.

5.3.2 Esquema tipo de distribución eléctrica

ESQUEMA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICA para una residencia unifamiliar

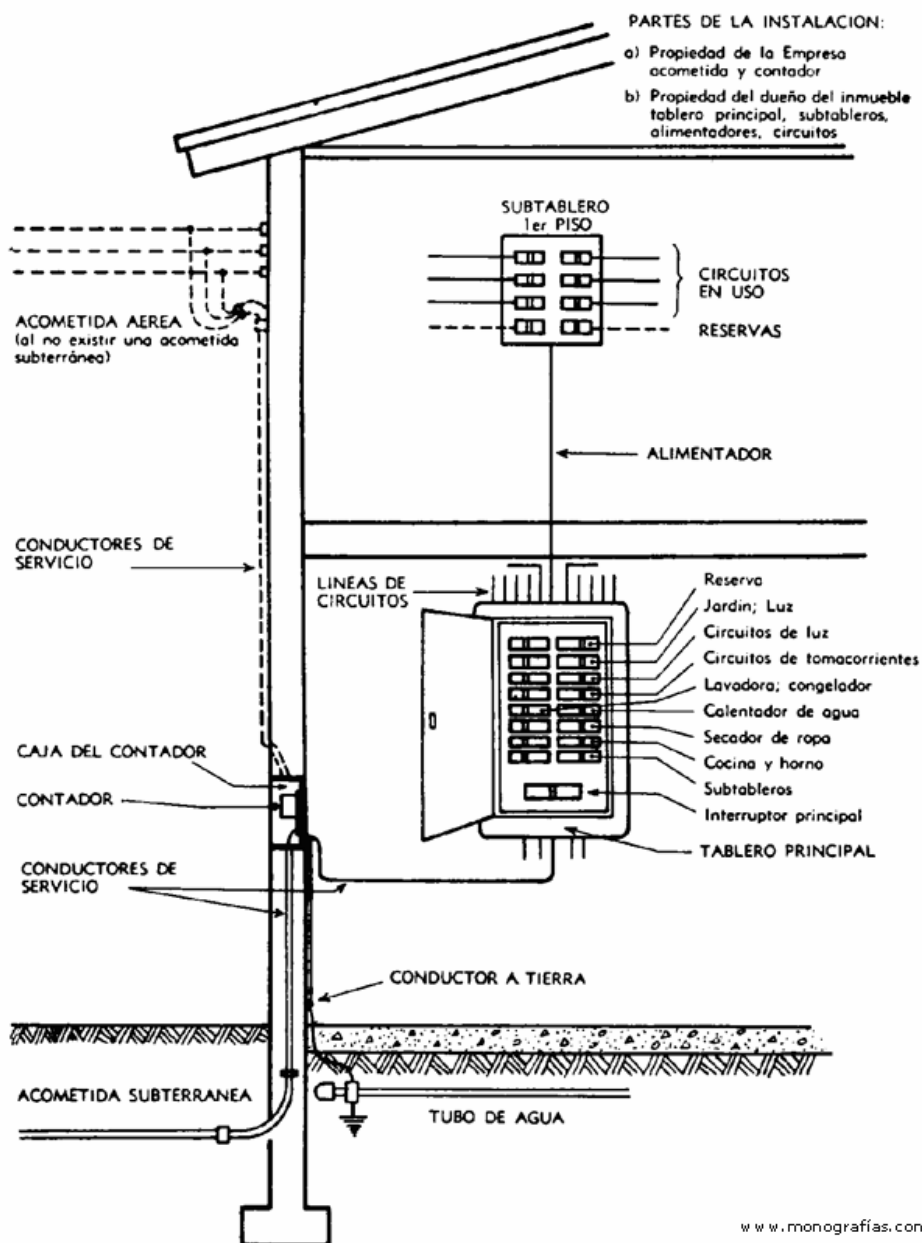


Figura 5.7 Esquema tipo del sistema de distribución eléctrica

5.3.3 Descripción y análisis de las partes de la instalación

Las partes principales de una instalación eléctrica son las que se describen a continuación:

- **ACOMETIDA**
- **CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN**
- **LINEA GENERAL DE ACOMETIDA**
- **CENTRALIZACION DE CONTADORES**
- **DERIVACIONES INDIVIDUALES**
- **CUADROS DE ABONADO**

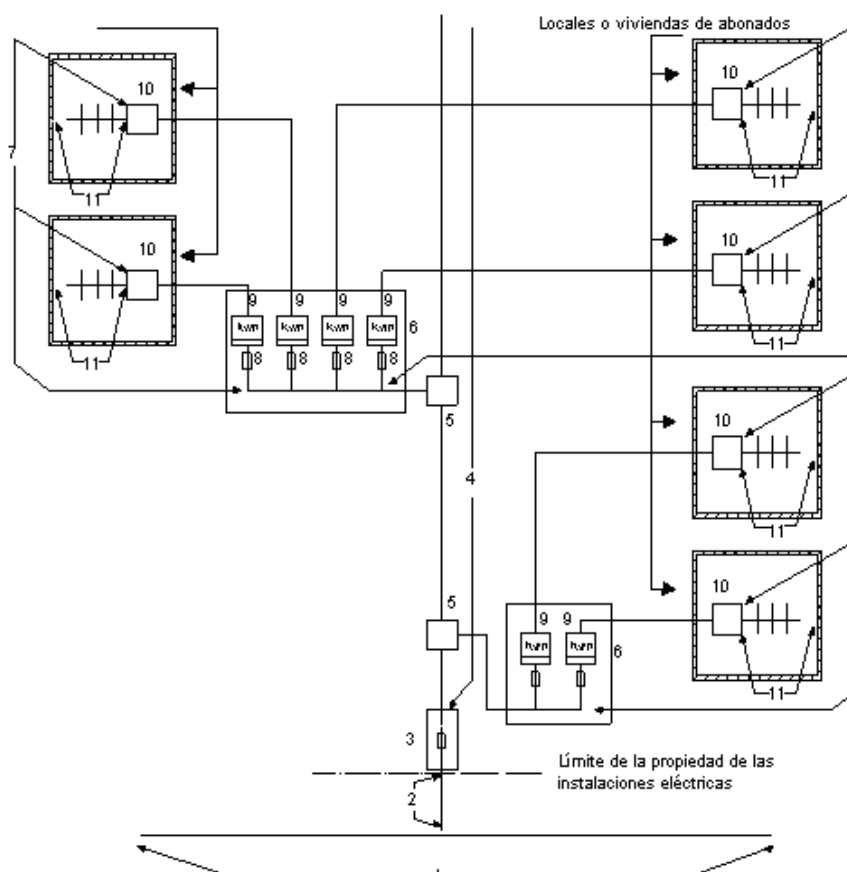


Figura 5.8 - Distribución de electricidad a los abonados en el edificio

Entrando más en detalle, las partes de la instalación hasta llegar al abonado mostradas en la figura 5.8 y son:

- Red de distribución
- Acometida
- Caja general de protección
- Línea general de alimentación
- Caja de derivación
- Centralización de contadores
- Derivaciones individuales (desde la protección previa al abonado hasta el final de la protección del interior de la vivienda del abonado).
- Fusible de seguridad
- Contador
- Dispositivos generales de mando y protección
- Instalación interior vivienda

A continuación de se describen cada una de ellas:

- **Red de distribución:** Las redes de distribución de energía se encuentran en áreas urbanas y rurales, pueden ser aéreas, o subterráneas (estéticamente mejores pero más costosas). La red de distribución está formada por la red en AT(suele estar comprendida entre 6.000 a 23.000 Voltios) y en BT (400/230 V)
- **Acometida :** Es la parte de la instalación de la red de distribución que alimenta la caja o cajas generales de protección. Es propiedad de la compañía suministradora y hay una por edificio excepto casos excepcionales.
- **Caja general de protección:** C.G.P.: donde se colocan las protecciones de la compañía antes que las líneas penetren en el edificio y lleguen hasta la centralización de contadores.

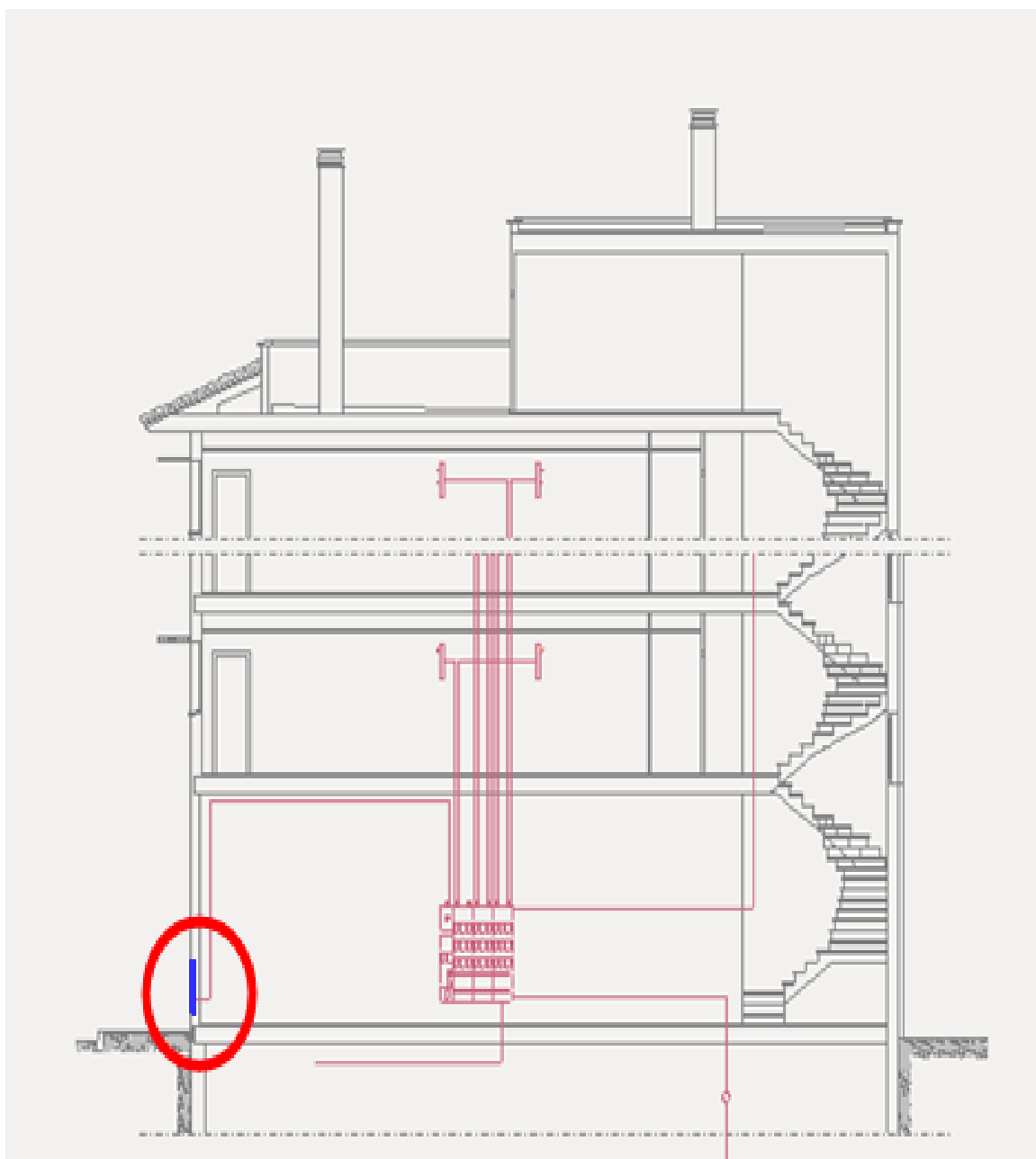


Figura 5.9 - Caja general de protección

- **Línea general de alimentación (LGA):** <línea existente entre la caja general de protección y la centralización de contadores del edificio.

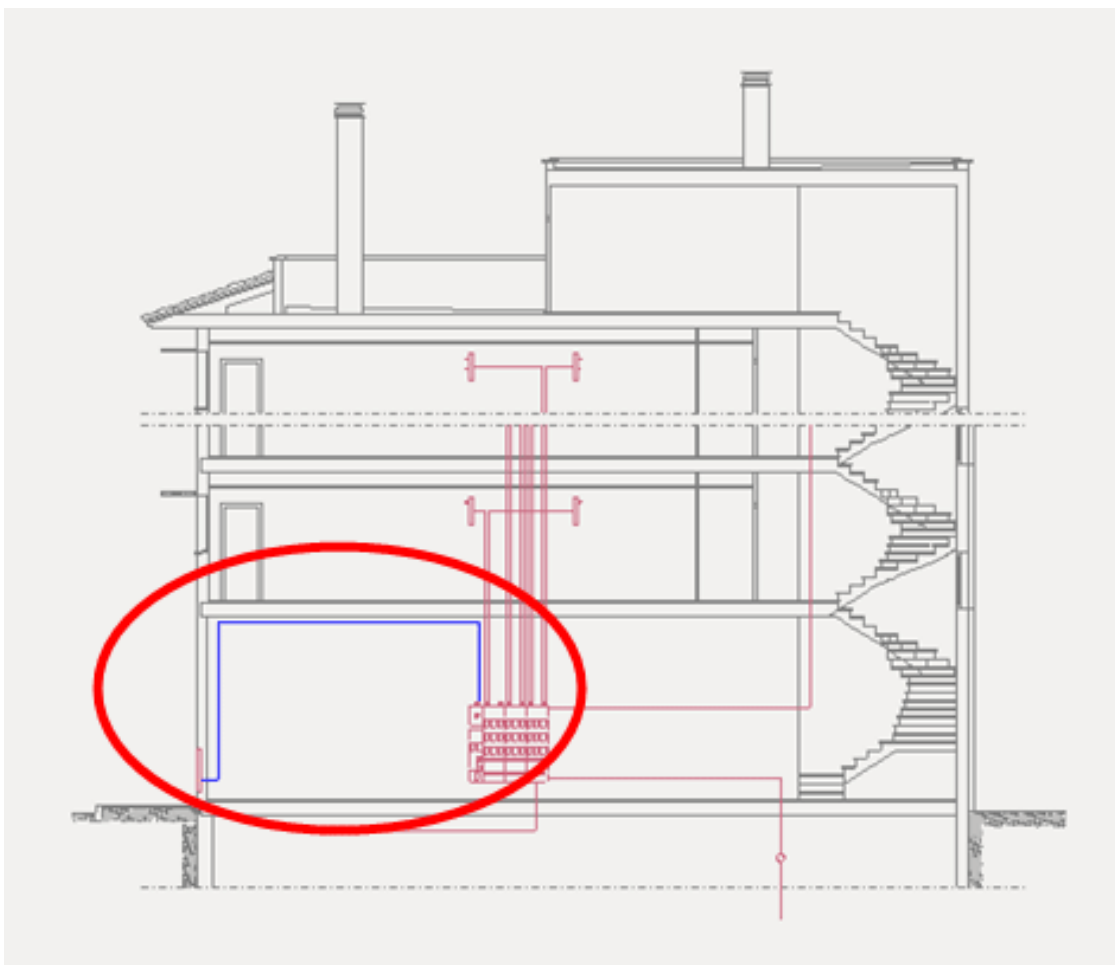


Figura 5.10 - Línea general de alimentación

- **Caja de derivación**
- **Centralización de contadores (CC):** lugar en el que se reparten las instalaciones, desde la línea general de alimentación, a cada una de las viviendas, previo paso por contador o a través de líneas repartidoras.

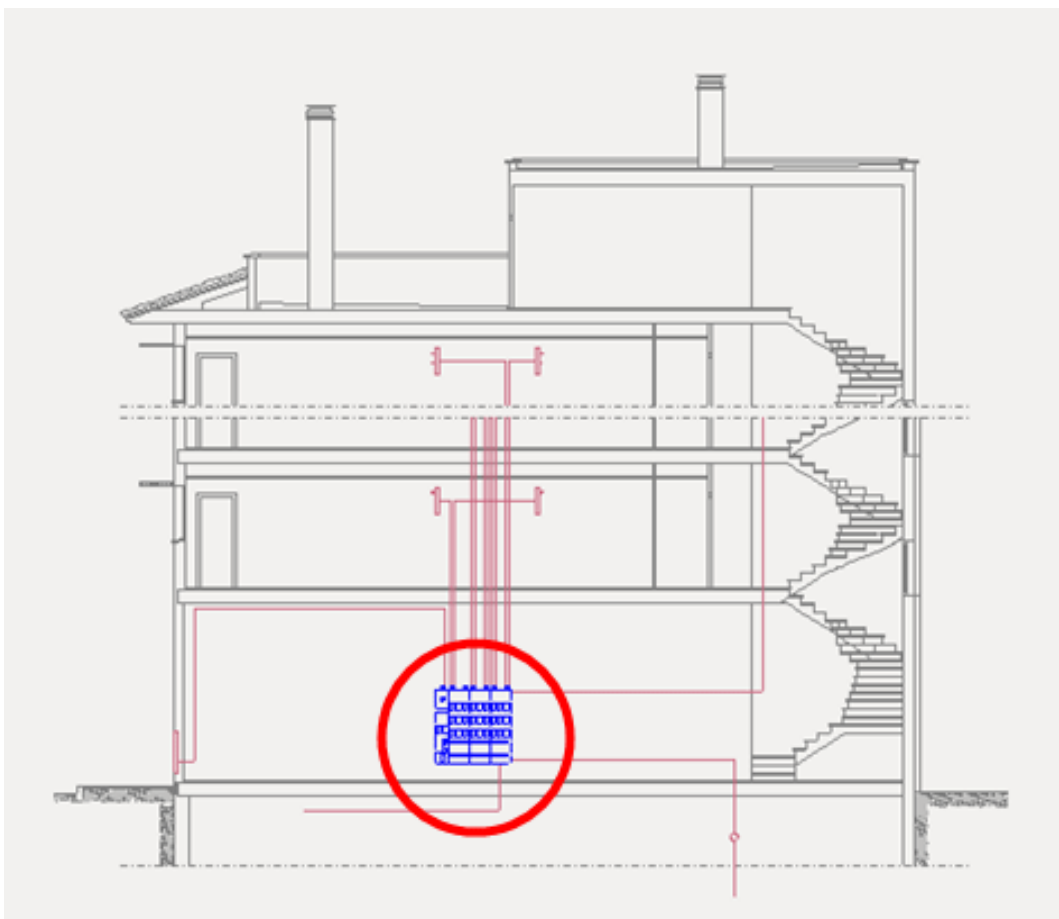


Figura 5.11 – Centralización de contadores

- **Toma de tierra:** línea que se entierra en el subsuelo para poder derivar todas las corrientes de fuga.

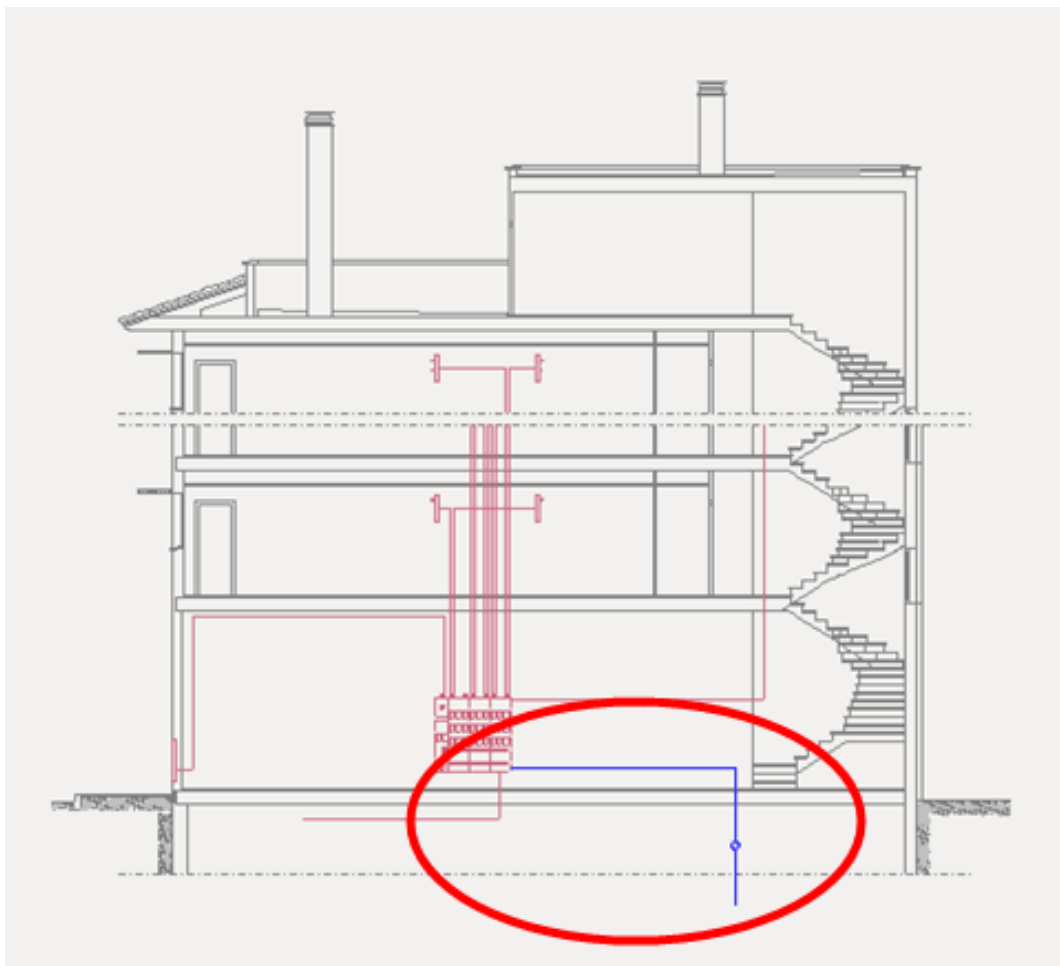


Figura 5.12 - Toma de tierra

- **Línea de usos:** línea que reparte los usos comunes del edificio como son ascensores, escaleras y demás.

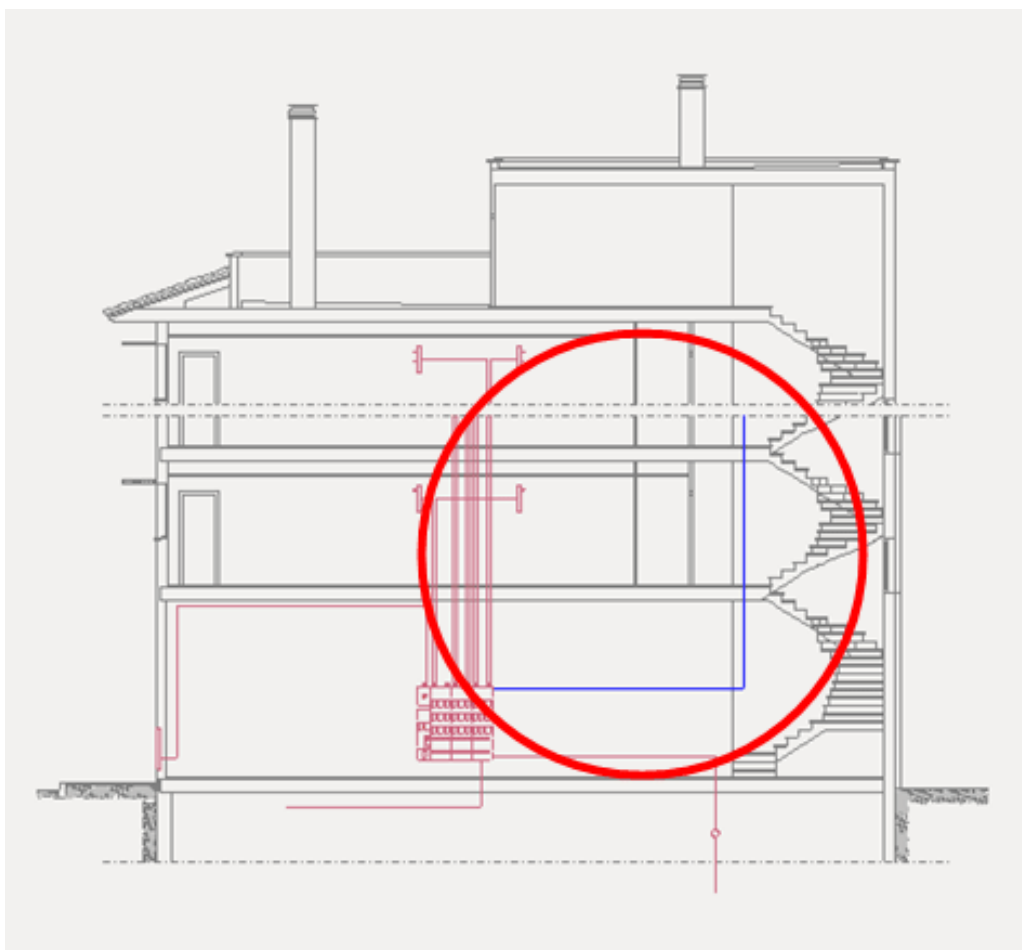


Figura 5.13- Línea de usos

- **Derivaciones Individuales (DI):** cada una de las líneas que, desde la centralización, se dirigen al domicilio de cada abonado. Se toma como derivación individual desde la protección previa al abonado hasta el final de la protección del interior de la vivienda del mismo abonado.

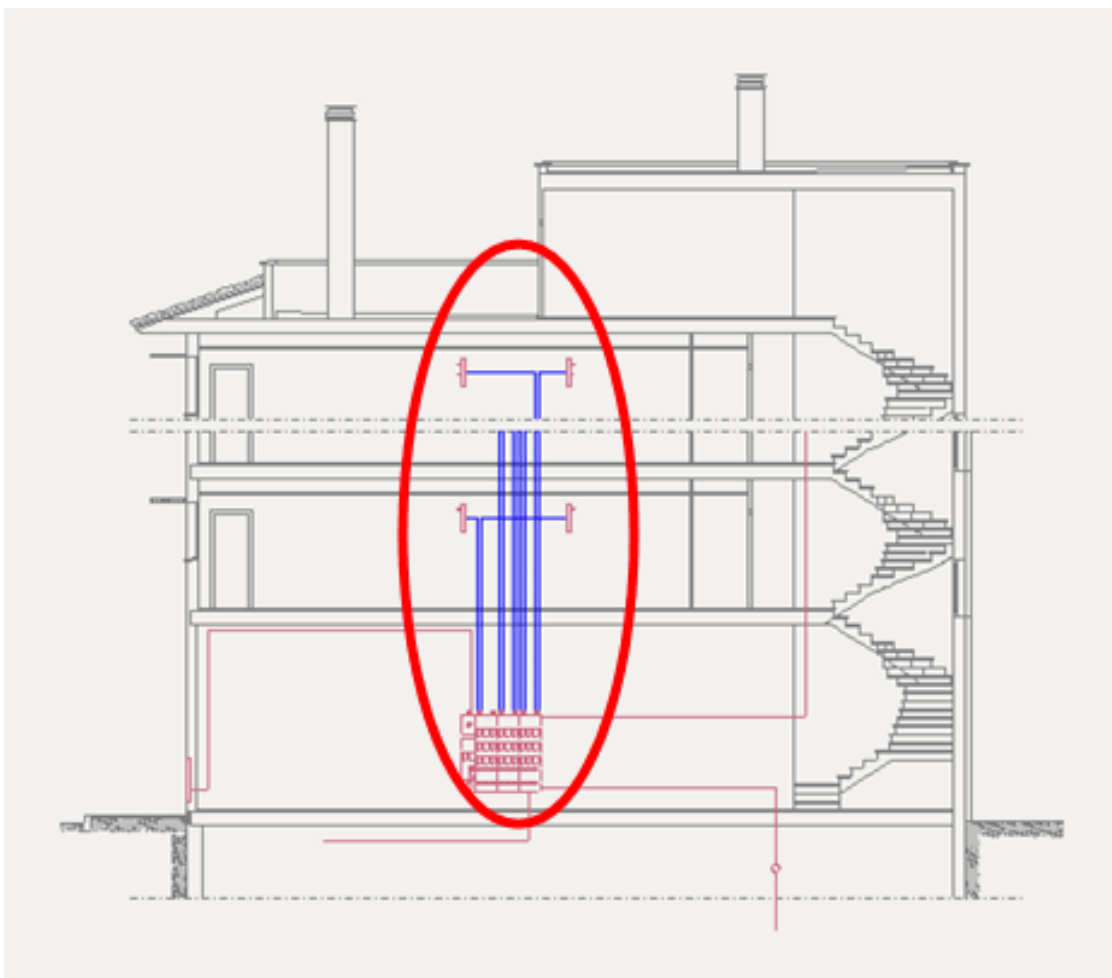


Figura 5.14- Derivaciones individuales

- **Cuadro general de mando y protección del abonado (CGPM):** cada una de las cajas de protección de entrada en cada uno de los abonados.

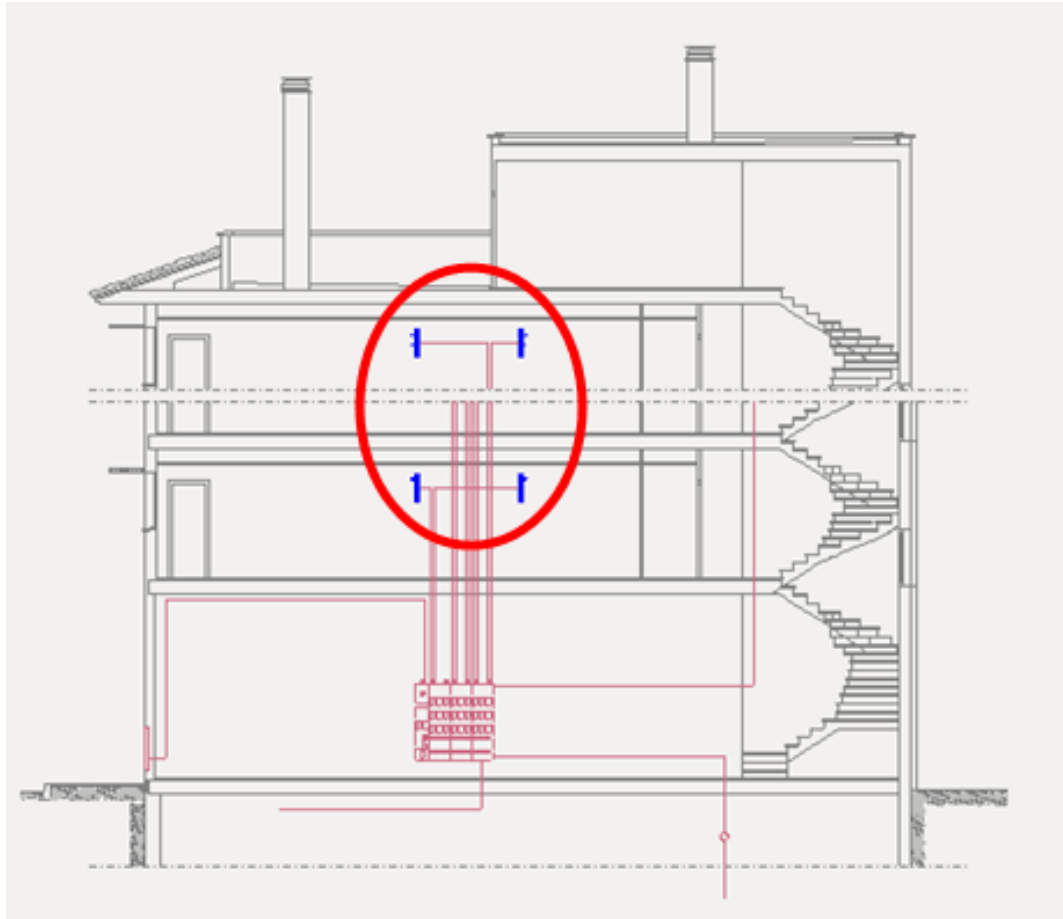


Figura 5.15- Cuadro general de mando y protección del abonado

- **Fusible de seguridad**
- **Contador**
- **Instalación interior vivienda**

5.3.4 Especificaciones de materiales y aparellaje utilizado

Las partes principales de una instalación eléctrica son las que se describen a continuación:

5.3.4.1 Cables

Una de las principales limitaciones a la hora de dimensionar una red eléctrica es la intensidad en los conductores. Cada material, dependiendo de su composición, aislamiento e instalación, tiene una intensidad máxima admisible. Esta intensidad admisible es aquella que, circulando en régimen permanente por el cable, no causa daños en el mismo. Una intensidad superior a la intensidad admisible puede producir efectos como la fusión del material conductor o la pérdida de capacidad dieléctrica del aislante a causa de un deterioro del mismo por exceso de temperatura.

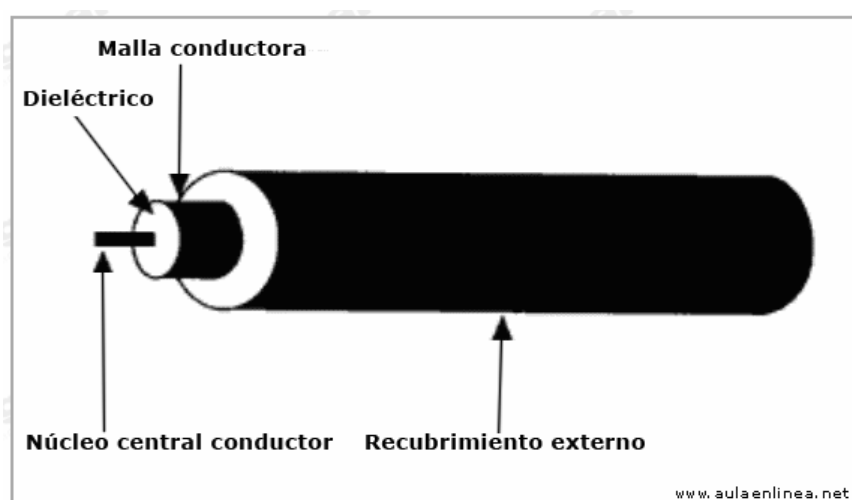


Figura 5.16- Estructura cable eléctrico

La intensidad admisible viene especificada en los reglamentos vigentes a la hora de dimensionar la instalación. En función del tipo de la instalación, se deben considerar ciertos coeficientes reductores de la intensidad admisible (tipo de enterramiento, temperatura media del terreno, múltiples conductores en zanja...), a la hora de dimensionar la instalación.

Los conductores eléctricos son elementos capaces de transportar la energía eléctrica con la mínima dificultad de paso. Son las tuberías por donde circula el fluido eléctrico.

Los mejores conductores son los metales, sobretodo el oro y la plata, aunque debido a su elevado precio tan solo se utilizan en casos muy particulares (básicamente en las conexiones internas de los semiconductores en el mundo de la microelectrónica). Los metales más utilizados en instalaciones eléctricas son el cobre y el aluminio, mucho más baratos.

Los conductores eléctricos se clasifican según tres criterios, el aislamiento, la forma del conductor y el número de conductores que se agrupan.

1) **El aislamiento del cable**

Según su aislamiento pueden ser:

- **Conductores desnudos**

Se denominan conductores desnudos cuando el conductor no dispone de recubrimiento aislante. Son los conductores típicos del transporte en alta tensión. También se utilizan como tomas de tierra.

Se fabrican en aluminio y cobre, en forma de hilos, barras, perfiles o tubos. Las barras, los perfiles y los tubos se utilizan en instalaciones donde la corriente (intensidad) es muy elevada.



Figura 5.17- Cable desnudo

- **Conductores aislados**

Se denominan conductores aislados cuando el conductor está cubierto por algún material aislante. Se utiliza en instalaciones donde por su configuración y seguridad es muy difícil utilizar conductores desnudos.



Figura 5.18- Cable aislado

2) **Forma del conductor**

Según su forma pueden ser:

- **Cables flexibles**

Son los formados por muchos conductores sin aislar de muy pequeño diámetro, enrollados entre sí.

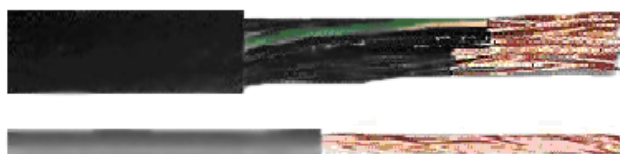


Figura 5.19- Cable flexible

- **Cables rígidos**

Pueden estar constituidos por un solo conductor (hilo), con una sección máxima de 4 mm², o por varios hilos (de mayor diámetro que el de los cables flexibles) enrollados sin aislamiento entre ellos (el conjunto de estos hilos suele tener una sección superior a los 6 mm²).



Figura 5.20- Cable rígido de un solo conductor y de varios conductores respectivamente

Los cables rígidos se utilizaban normalmente en la línea general de alimentación (L.G.A o línea general de alimentación) y en las derivaciones individuales.

Actualmente están en desuso.

En la actualidad la Guía Técnica de Aplicación del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión recomienda la utilización de conductores flexibles, aunque algunas comunidades como Valencia siguen utilizando antiguas normas de Iberdrola que prescriben la utilización de cable rígido.

Según el número de conductores aislados los cables pueden ser unipolares, o bien pueden estar agrupados por una manguera con diferentes números de cables aislados en su interior: tripolares, tetrapolares, etc. Si no se determina el número de conductores se les denomina simplemente cables multipolares.

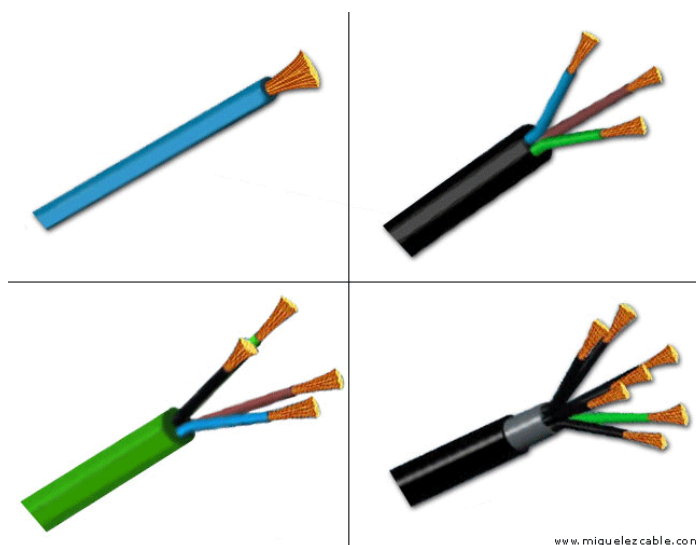


Figura 5.21 De izquierda a derecha y de arriba abajo:
cable unipolar, tripolar, tetra polar y multipolar

3) Partes de un cable

Dependiendo del tipo de cable, éste se divide en una o varias partes:

- A. Conductor:** metálico, que se encarga de transportar la energía.
- B. Cubierta aislante:** impide el contacto directo entre dos o más conductores próximos entre sí.
- C. Pantalla:** aísla el cable de los efectos electromagnéticos. Esta pantalla debe estar conectada correctamente a tierra.
- D. Cubierta aislante:** limita las radiaciones e interferencias que emite al exterior. Solamente en cables de alta calidad.
- E. Cubierta metálica:** preserva a los cables contra los golpes.
- F. Cubierta exterior:** protege a todo el conjunto de los agentes atmosféricos, del ataque de roedores,...



Figura 5.22
Partes de un cable
(No todos los cables
poseen todas las partes
o recubrimientos

• Materiales aislantes

Para aislar un conductor o varios entre sí, así como para la cubierta exterior, se utilizan numerosos materiales aislantes.

Los aislantes deben reunir una serie de características físico-químicas y mecánicas en función de su utilización: si el cable se encuentra a la intemperie, protegido bajo tubo, en contacto con ciertos productos químicos, en determinados locales con riesgo.

Entre los materiales más usuales se encuentran:

Aislantes termoplásticos: se reblandece con el calor y se endurece con el frío. Los de mayor utilización son el policloruro de vinilo (PVC) y el polietileno (PE).

Aislantes termoestables: no se altera fácilmente por la acción del calor. Tienen una gran dureza así como una elevada resistencia mecánica. Los de mayor utilización son el polietileno reticulado (XLPE) y el polietileno cloro sulfurado (CSP).

Elastómeros: son aislamientos derivados del caucho, más conocidos como gomas. Son flexibles y elásticos. Los de mayor utilización son el caucho natural (NR) y los cauchos sintéticos como la goma butílica y la goma de etileno propileno (EPR).

Esmaltes y resinas: son utilizados para el aislamiento de bobinados de cables desnudos. Con la temperatura se ablandan alcanzando el estado líquido y perdiendo sus propiedades aislantes.

- **Colores identificativos**

Otra de las funciones más importantes de los aislamientos es la identificación de los cables. De modo que según su color es posible identificar los conductores.

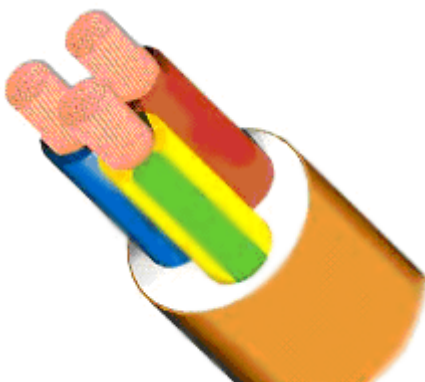


Figura 5.23 Identificación del conductor de fase: marrón; conductor de neutro: azul; y protección a tierra: verde-amarillo

Las ITC-BT-19 e ITC-BT-26 del Reglamento de Baja Tensión estipulan que los conductores de las instalaciones deben ser fácilmente identificables mediante los colores del aislamiento, especialmente el conductor neutro y el conductor de protección.

Los colores de identificación de conductores eléctricos en baja tensión son los indicados en la siguiente tabla:

Azul claro	Neutro
Amarillo-verde	Protección
Negro	Fases
Marrón	
Gris	

Tabla 5.1 Clasificación de colores normalizada para cables de BT.

Los cables eléctricos están sometidos a una serie de normas para su designación dentro del marco europeo. Se asigna a los cables una codificación de letras y números que identifican las características del cable.

Una primera diferenciación se refiere a la tensión asignada al cable, identificada como 'U_o/U', siendo:

'U_o' la tensión de aislamiento que existe entre un conductor y la tierra.

'U' la tensión de aislamiento entre dos conductores similares.

De modo que existen cables de hasta 450/750 V. y cables de hasta 0.6/ 1 KV.

a) Cable de 450/750v

• **Normativa**

H - Cable según normas armonizadas.

A - Cable nacional autorizado por CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica).

ES-N o ES - Cable de tipo nacional sin norma armonizada

- **Tensiones**

01 - 100/100 V
02 - 300/300 V
05 - 300/500 V
07 - 450/750 V

- **Revestimiento metálico**

C4 - Pantalla de cobre trenzado sobre el conjunto de los conductores aislados reunidos.

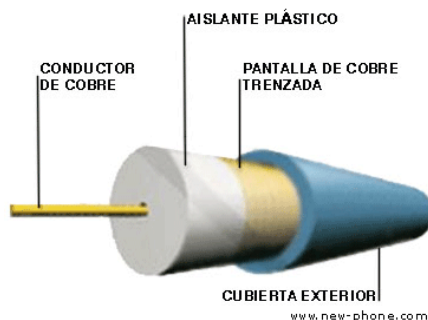


Figura 5.24 Revestimiento metálico de cobre

- **Aislamiento**

B - Goma de etileno-propileno
G - Etileno-acetato de vinilo
N2 - Mezclas especiales de poli cloropreno
R - Goma natural o de estireno-butadieno
S - Goma de silicona
V - Policloruro de vinilo (PVC)
V2 - Mezcla de PVC (hasta 90°C)
V3 - Mezcla de PVC (para baja temperatura)
V4 - PVC reticulado.
Z - Mezcla reticulada a base de poliolefina con baja emisión de gases corrosivos y humos.
Z1 - Mezcla termoplástico a base de poliolefina con baja emisión de gases corrosivos y humos.

- **Cubierta y envolvente no metálica**

B - Goma de etileno-propileno
G - Etileno-acetato de vinilo
J - Trenza de fibra de vidrio

- N - Polipropileno
- N4 - Polipropileno cloro sulfurado.
- N8 - Polipropileno especial resistente al agua.
- Q - Poliuretano.
- R - Goma natural o de estireno-butadieno
- S - Goma de silicona
- T - Trenza de material textil sobre el conjunto de los conductores aislados reunidos.
- V - Policloruro de vinilo (PVC)
- V2 - Mezcla de PVC (hasta 90°C)
- V4 - PVC reticulado.
- V5 - Mezcla de PVC resistente al aceite.
- Z - Mezcla reticulada a base de poliolefina con baja emisión de gases corrosivos y humos.
- Z1 - Mezcla termoplástico a base de poliolefina con baja emisión de gases corrosivos y humos.



Figura 5.25 Cubierta transparente de PVC

• **Elementos constitutivos y constructivos especiales**

Ninguna - Cable redondo

- H - Cables planos, con o sin cubierta, cuyos conductores pueden separarse.
- H2 - Cables planos cuyos conductores aislados no pueden separarse.
- H6 - Cables planos, que comprenden tres conductores aislados o más.
- H8 - Cable extensible.

• **Forma del conductor**

- F - Flexible para servicio móvil (clase 5).
- H - Extraflexible (clase 6).
- K - Flexible para instalaciones fijas (clase 5).
- R - Rígido circular de varios hilos (clase 2).
- U - Rígido circular de un solo hilo (clase 1).
- D - Flexible para uso en cables de máquinas de soldadura.
- E - Muy flexible, para cables de máquinas de soldadura.

b) Cables 0,6/1 KV

Se designa directamente los valores de 'Uo/U' expresados en KV. Estos cables no tienen una norma de designación armonizada como los de tensión hasta 450/750V.

Finalmente, si el conductor es de aluminio se indica mediante AL, y si es de cobre no se indica.

Hay que tener cuidado con este tipo de cables puesto que algunas de las designaciones que utilizan los fabricantes coinciden con los códigos normalizados de los cables de 450/750 V aunque con algunas discrepancias y contradicciones con éstos.

• **Aislamiento**

V - Policloruro de vinilo (PVC)

R - Polietileno reticulado (XLPE)

D - Etileno propileno (EPR)

Z1 - Poliolefina termoplástico libre de halógenos.

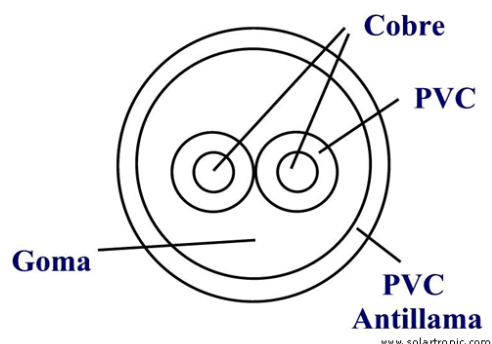


Figura 5.26 Aislamientos en cables

• **Protecciones metálicas**

0 - Pantalla sobre el conjunto de los conductores aislados cableados.

F - Armadura de flejes de acero.

FA - Armadura de flejes de aluminio o de aleación de éstos.

M - Armadura de alambres de acero galvanizado.

MA - Armadura de alambres

• **Cubierta**

V - Policloruro de vinilo (PVC)

N - Polipropileno (PCP)

Z1 - Poliolefina termoplástico libre de halógenos.

RH - Resistente a hidrocarburos.

c) **Cables no propagadores de incendios.**

El RD 842/2002 establece la obligatoriedad de utilizar estos cables en algunas instalaciones de BT.

Existen principalmente dos tipos de cubierta en los cables, la del cable convencional y la del cable ignífugo. El primero propaga la llama por la instalación y el segundo no. Del segundo tipo existen dos tipos, el no propagador de incendio (AS) y el resistente al fuego (AS+).

- **Cables no propagadores del incendio**

Son aquellos cables que no propagan el fuego a lo largo de la instalación, incluso cuando ésta consta de un gran número de cables, ya que se autoextinguen cuando la llama que les afecta se retira o apaga.

- **Cables resistentes al fuego**

Son aquellos cables que, además de no propagar el fuego a lo largo de la instalación, mantienen el servicio durante y después de un fuego prolongado, a pesar de que durante el fuego se destruyan los materiales orgánicos del cable en la zona afectada.

En caso de incendio, ambos tipos de cable tienen una emisión muy reducida de gases opacos y de gases halógenos y corrosivos.



Figura 5.27 Ejemplos de cables eléctricos propagadores y no propagadores proporcionados por la asociación de fabricantes de cables eléctricos y de fibra óptica (www.facel.es).

La nomenclatura de estos cables a la hora de su elección es la que hemos visto anteriormente:

Standard	750V	H07V	RV 0,6/1 kV Cobre Flexible
Standard	1000V	RV 06/1	H07V Cobre Flexible
AS	750V	H07Z1	RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible
AS	1000V	RZ1 06/1	H07Z1 Cobre Flexible

- **Cables multipolares**

El Cable posee dos capas de protección: la primera denominada “aislamiento” y la segunda “cubierta”. La primera suele ser de PVC o Polietileno reticulado y la segunda es PVC o Poliolefina Termoplástica.

Es este último material el que da las características de seguridad al cable. En los cables unipolares no existe "cubierta", sólo "aislamiento" de poliolefina termoplástica.

Los cables de seguridad poseen un nivel muy bajo de emisiones de gases tóxicos y humos, ventaja adicional en caso de incendio.

Estos cables libres de halógenos, o comúnmente denominados “afumex” por ser una de las marcas comerciales dominantes, son ideales para aparcamientos y todos aquellos lugares que considere especiales el CTE-SI o RSCEI.



Figura 5.28 Cable multipolar de cobre flexible con aislamiento y cubierta.

- **Recomendaciones**

El Reglamento exige estos cables libres de halógenos en las siguientes partes de la instalación:

Línea general de alimentación: ITC-BT-014

Derivaciones individuales: ITC-BT-015

Centralización de contadores: ITC-BT-016

Locales de pública concurrencia: ITC-BT-028

Se tenderá a evitar el empleo de conductores desnudos, estando prohibidos en:

Locales donde existan materiales muy combustibles o ambientes de gases, polvos o productos inflamables.

Donde pueda depositarse polvo en los mismos, como en las fábricas de cemento, harina, hilaturas, etc.

Los conductores desnudos, o cuyo revestimiento aislante sea insuficiente, y los de alta tensión, en todo caso, se encontrarán fuera del alcance de la mano y, cuando esto no sea posible, serán eficazmente protegidos, al objeto de evitar cualquier contacto.

- **Secciones normalizadas.**

A continuación se exponen las secciones normalizadas de los cables unipolares admitidas por la norma para las diferentes tensiones de aislamiento.

- **750V**

Si el cable soporta 750V de tensión de aislamiento las secciones normalizadas son: 1.5, 2.5, 4.0, 6.0, 10.0, 16.0, 25.0, 35.0, 50.0, 70.0 y 95.0 mm².



Figura 5.29 Cable unipolar de 6 mm² de sección.

- **1000V**

Si el cable soporta entre 600 y 1000V de tensión de aislamiento (0,6/1 KV), las secciones normalizadas son: 6.0, 10.0, 16.0, 5.0, 35.0, 50.0, 70.0, 95.0, 120.0, 150.0, 185.0, 240.0, 300.0 y 400.0 mm². Algunos fabricantes han añadido también a esta serie de 1000V secciones de 1.5, 2.5 y 4.0 mm².

Las secciones normalizadas de los cables bipolares y tripolares admitidas por la norma son: 6.0, 10.0, 16.0, 25.0, 35.0, 50.0, 70.0, 95.0, 120.0, 150.0, 185.0, 240.0 y 400.0 mm².



Figura 5.30 - Cable bipolar de 6 mm² de sección

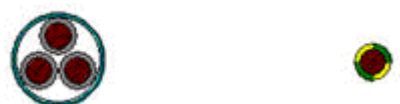


Figura 5.31 - Cable tripolar de 6 mm² de sección

Las secciones normalizadas de los cables tetra polares admitidas por la norma son: 3x6+6, 3x10.0+6, 3x16+10, 2x25+16, 3x35+16, 3x50+25, 3x70+35, 3x95+50, 3x120+70, 3x150+70, 3x185+90, 3x240+120, 2x300+150 y 3x400+185 mm².

La notación indica que los tres primeros cables pertenecen a las fases y el cuarto al neutro.



Figura 5.32 - Cable tetra polar de 6 mm² de sección.

Las secciones normalizadas de los cables penta polares admitidas por la norma son: 4x6+6, 4x10.0+10 y 4x16+16 mm².

La notación indica que, del mismo modo que en los tetra polares, los tres primeros cables pertenecen a las fases. El cuarto al neutro y el quinto a la tierra.

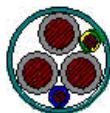


Figura 5.33 - Cable penta polar de 6 mm² de sección.

En todos los casos hay una notación alternativa cuando existe cable de protección, donde se sustituye el signo de multiplicación (x) con la letra G (5 G 16, p.ej., que representa un cable de 5 conductores, 3 fases, neutro y protección de sección 16 mm²).

5.3.4.2 Fusibles

Una de las principales limitaciones a la hora de dimensionar una red eléctrica es la intensidad en los conductores. Cada material, dependiendo de su composición, aislamiento e instalación, tiene una intensidad máxima admisible. Esta intensidad admisible es aquella que, circulando en régimen permanente por el cable, no causa daños en el mismo. Una intensidad superior a la intensidad admisible puede producir efectos como la fusión del material conductor o la pérdida de capacidad dieléctrica del aislante a causa de un deterioro del mismo por exceso de temperatura.

➤ Introducción

El fusible es un elemento calibrado con un hilo de cobre de menor sección que los conductores del circuito que protege, que tiene como finalidad resguardar la integridad del resto de los componentes. Este hilo se funde cuando la corriente que circula a través de él es superior a la que está calibrado el fusible, impidiendo el paso de corriente. Una vez iniciado el proceso de fusión se produce el arco eléctrico dentro del fusible, siendo posteriormente apagado por medio del material de relleno. De este modo se impide el deterioro de la instalación existente aguas abajo del fusible.

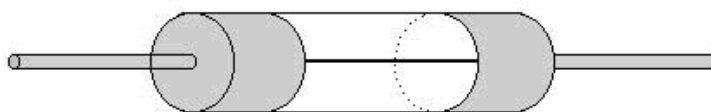


Figura 5.34 - Esquema de un fusible.

➤ funcionamiento

Los fusibles protegen a la instalación de:

- ❖ *Sobrecargas*: Por un exceso de consumo o por una avería. Cuando circula una corriente mayor que la calibrada por el fusible, éste se funde protegiendo la instalación.
- ❖ *Cortocircuitos*: Como en el caso anterior. Cuando circula una corriente mayor a la calibrada por el fusible debido a algún accidente, éste se funde, interrumpiendo el paso de corriente.

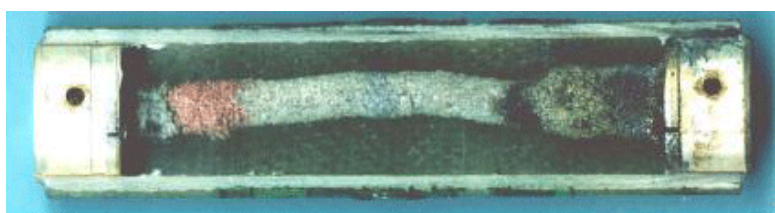


Figura 5.35 - Efectos de fusible fundido internamente.

Todas las instalaciones deberán estar protegidas por fusibles (contra corto circuitos) o por automáticos que aseguren la interrupción de corriente para una intensidad anormal, sin dar lugar a la formación de arcos ni antes ni después de la interrupción. Se colocará un fusible por cada fase y neutro del circuito.

Los fusibles deben ir colocados sobre un material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse.

➤ Tipos de fusibles

Dependiendo de la sección del hilo de menor sección se pueden fabricar fusibles con valores diferentes de corriente máxima. De modo que si se tiene un fusible de 1 A, éste soportará una corriente de hasta 1 A. Cuando por cualquier circunstancia la corriente sea mayor a 1 A. el fusible se fundirá y se abrirá el circuito. A este valor de corriente se le denomina intensidad nominal, y es el valor según el cual se pueden clasificar los fusibles.

La serie de fusibles estándar, según sea su intensidad nominal en A, es: 16, 20, 25, 30, 40, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 y 1250..

Además, también se pueden catalogar mediante la curva de disparo, una gráfica que representa la intensidad que circula por el fusible (eje x) en función del tiempo de paso que puede soportar esa intensidad (eje y).

También pueden clasificarse por forma, material del cuerpo (cerámica, vidrio, fibra de vidrio,..), etc.

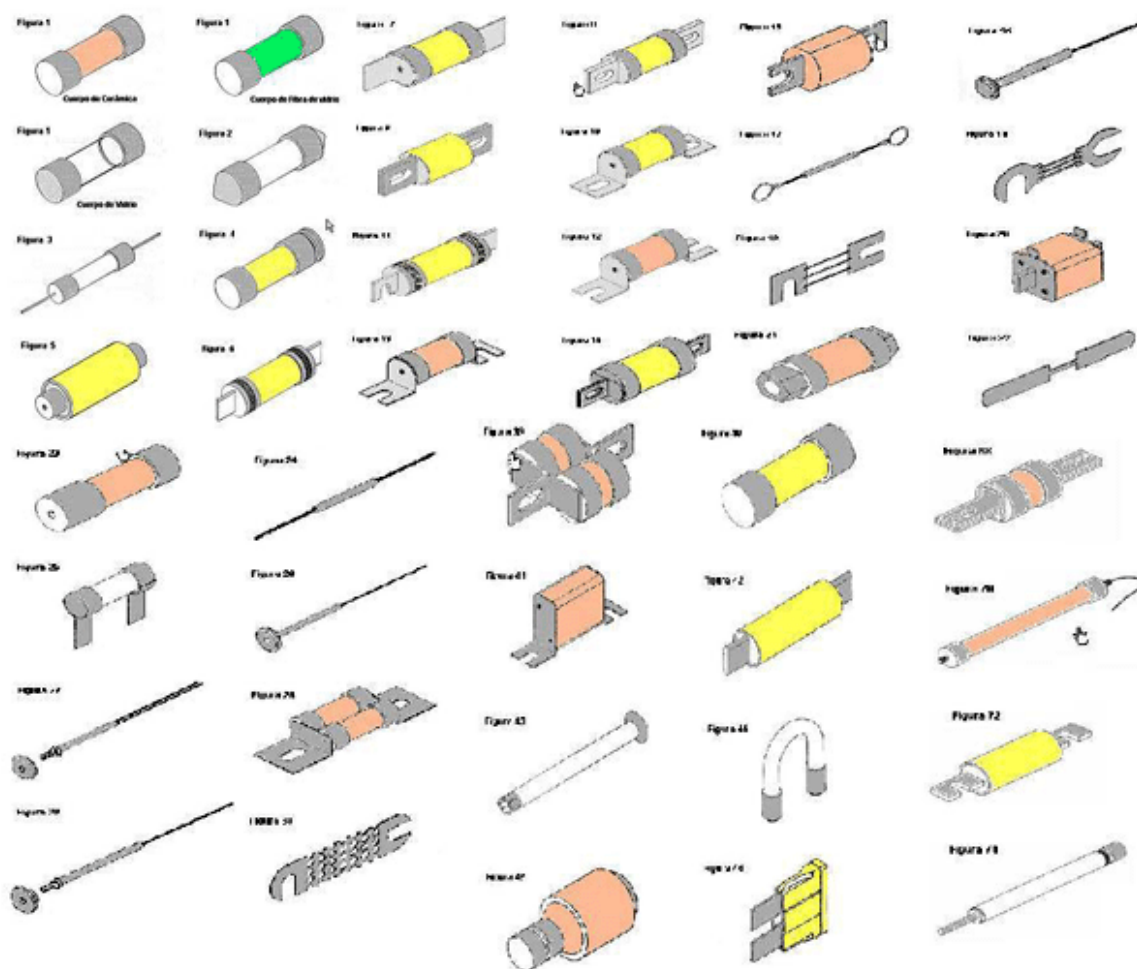


Figura 5.36 - Algunos tipos de fusibles

5.3.4.3 Interruptores Magneto-térmicos

➤ Introducción

Los interruptores magneto térmicos o PIA (pequeños interruptores automáticos), al igual que los fusibles, se utilizan para la protección de los circuitos eléctricos contra cortocircuitos y sobrecargas.

Comparando los fusibles con los magneto térmicos se podrá observar cómo estos últimos presentan una mayor seguridad y prestaciones ya que interrumpen circuitos con más rapidez y capacidad de ruptura que los fusibles normales.

Además, los magneto térmicos no hay que reponerlos. A la hora de restablecer el circuito no se precisa ningún material ni persona experta, basta presionar un botón o mover un resorte que se halla perfectamente aislado y visible. De modo que cuando el circuito se desconecta debido a una sobrecarga o un cortocircuito los magneto térmicos se rearmen de nuevo manualmente y siguen funcionando.

En cambio un fusible requiere el gasto de compra de un cartucho nuevo, su colocación en la base sometida a tensión y una persona lo bastante capacitada para efectuar las operaciones necesarias. Estas molestias ocasionadas por la fusión de un fusible llevan en muchas ocasiones a colocar cartuchos inadecuados por personas inexpertas, ignorando el peligro que esto puede ocasionar a las personas y aparatos que con él van asociados.

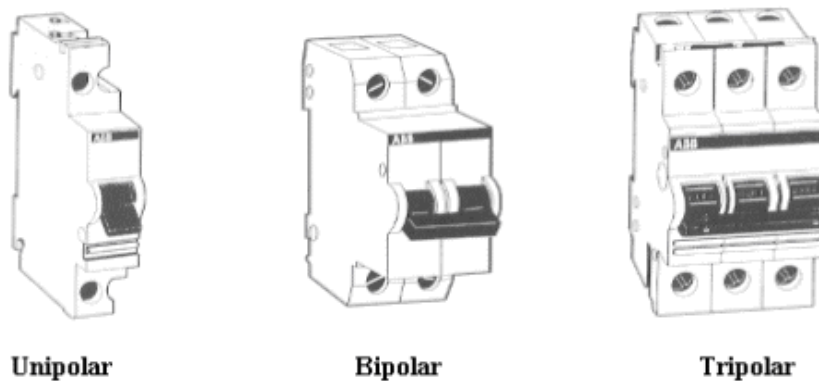


Figura 5.37 - Tipos de interruptor magneto térmico en función del número de fases que protege.

Además, cuando se trata de magneto térmicos tripolares, si una fase sufre perturbaciones, al disparar su polo arrastra a los otros dos y desconecta completamente el sistema. Si el mismo circuito se hubiera protegido sólo con tres fusibles se fundiría el correspondiente a la fase perjudicada y dejaría a todo el sistema en marcha con sólo dos fases, con los consiguientes peligros de averías que tal estado acarrea en determinados circuitos.

➤ Funcionamiento

Los interruptores magneto térmicos o PIA (pequeños interruptores automáticos), al igual que los fusibles, se utilizan para la protección de los circuitos eléctricos contra cortocircuitos y sobrecargas.

Comparando los fusibles con los magneto térmicos se podrá observar cómo estos últimos presentan una mayor seguridad y prestaciones ya que interrumpen circuitos con más rapidez y capacidad de ruptura que los fusibles normales.

Su funcionamiento se basa en un elemento térmico formado por una lámina bimetalica que se curva por el calentamiento provocado por el paso de la corriente, cuanto mayor sea ésta mayor será la deformación.

Cuando el bimetálico se curva actúa sobre el contacto móvil provocando el disparo por efecto térmico (sobrecarga), y un elemento magnético, formado por una bobina cuyo núcleo atrae un elemento que abre el circuito instantáneamente al pasar por dicha bobina una corriente de valor definido. Es lo que se denomina efecto magnético (cortocircuito).

Mecánicamente, puede decirse que estos interruptores disponen de desconexión libre, es decir, que cuando se produce una desconexión, ya sea por sobrecarga o cortocircuito, el aparato desconecta aunque se sujete la manecilla de conexión.

Además, cuando una fase se ve afectada en la desconexión por magneto térmicos bipolares o tripolares, ésta se efectúa simultáneamente en todos los polos mediante transmisión interna, independiente de la pieza de unión entre manecillas.

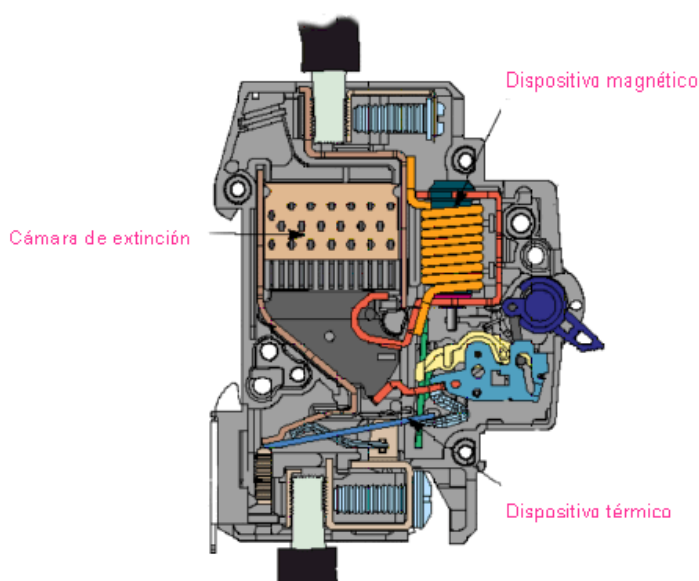


Figura 5.38 - Partes de un interruptor magneto térmico

➤ Curvas de disparo

En España actualmente están en vigor las normas U.N.E. 60898 y E.N. 60947.2. La EN especifica una serie de curvas de disparo características para los magneto térmicos que los clasifican, que son: B, C, D, Z, MA y UNESA.

Los de tipo B son utilizados en mando y protección de circuitos térmicos. Actúan entre 1.1 y $1.4 \times I_n$ en la zona térmica y entre 3 y $5 \times I_n$ en la zona magnética. Se utilizan cuando la línea de cable es larga.

Los de tipo C son los más usuales. Son indicados cuando se pueden provocar disparos accidentales debido a una carga con picos de corriente. Actúan entre 1.1 y $1.5 \times I_n$ en la zona térmica y entre 5 y $10 \times I_n$ en la zona magnética.

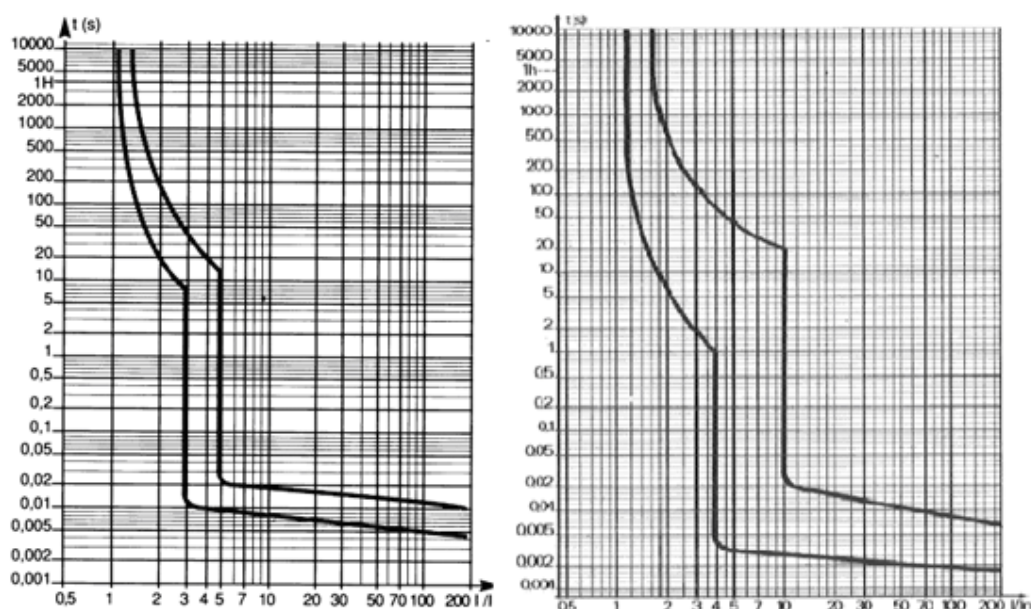


Figura 5.39 - Curvas de magneto térmico tipo B (izquierda) y tipo C (derecha).

Los de tipo D son los más habituales cuando existen máquinas especiales con motores y cargas con un gran consumo durante el arranque. Así en la zona térmica está entre 1.1 y $1.5 \times I_n$ y en la magnética entre 10 y $14 \times I_n$.

Los de tipo Z se utilizan para la protección de equipos electrónicos. Actúan entre 1.1 y $1.4 \times I_n$ en la zona térmica y entre 2.4 y $3.6 \times I_n$ en la zona magnética.

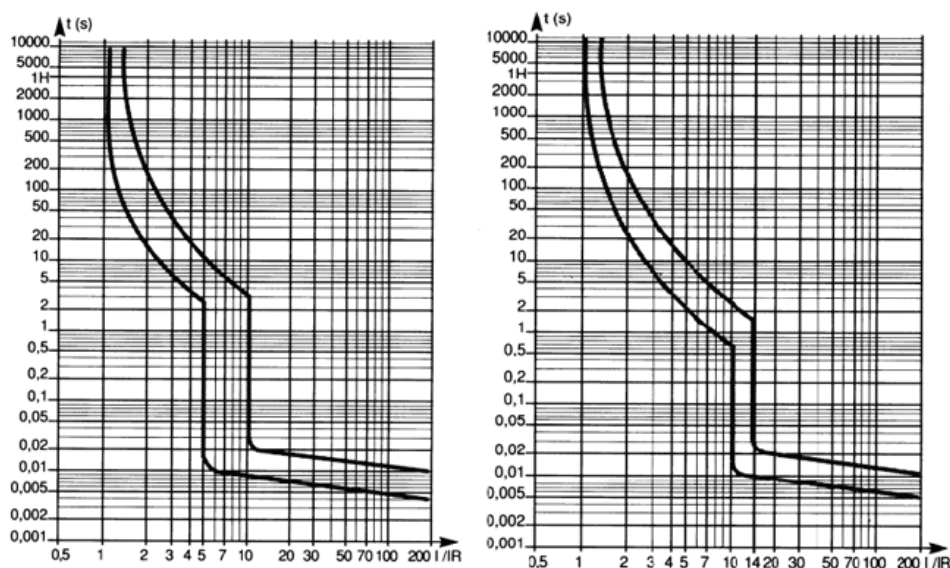


Figura 5.40 - Curvas de magneto térmico tipo D (izquierda) y tipo Z (derecha).

La curva MA no corresponde estrictamente a un magneto térmico, ya que sólo presenta protección magnética. Se utiliza para la protección de motores. En la zona magnética, la única de trabajo (tal y como se puede observar en la figura 3.2.6), trabaja a $12 \times I_n A$.

Finalmente la curva UNESA, que no está englobada en la norma EN, es la que se utiliza en los ICPM (interruptores de control de potencia máxima, impuestos por la compañía y asociados a la potencia máxima contratada). Actúan entre 1.13 y $1.45 \times I_n A$ en la zona térmica y el disparo magnético entre 3.9 y $8.9 \times I_n A$, con lo que su curva es muy similar a la curva tipo C.

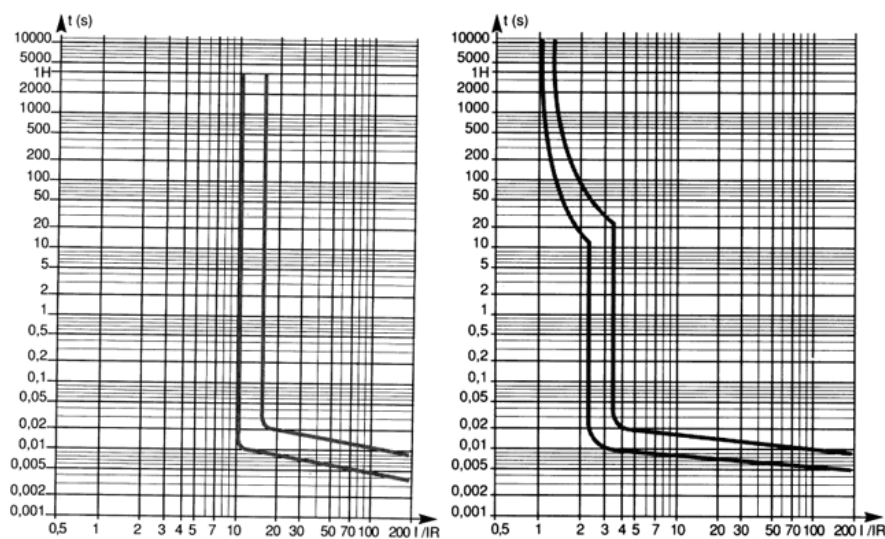


Figura 5.41 - Curvas tipo MA (izquierda) y tipo UNESA (derecha).

➤ Tipos

Los magneto térmicos, al igual que con los fusibles, se clasifican mediante sus intensidades nominales. Las más corrientemente utilizadas son: 1.5, 3, 3.5, 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 y 63 A.

Mientras que la serie más comercial es:

6.0 - 10.0 - 13.0 - 16.0 - 20.0 - 25.0 - 32.0 - 40.0 - 50.0 - 63.0 - 80.0 - 100.0 - 125.0 A

NOTA: Los tipos grafiados en **negrita** son los no admisibles en la actualidad.

5.3.4.4 Diferenciales

➤ Introducción

Un interruptor diferencial es un dispositivo electromecánico que se coloca con el fin de proteger a las propias instalaciones y personas de las derivaciones causadas por faltas de aislamiento entre los conductores activos y tierra o masa de los aparatos.

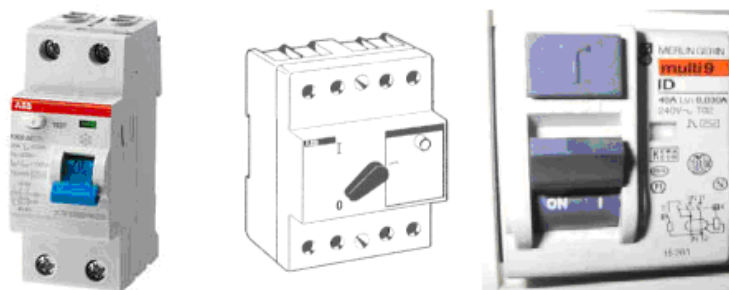


Figura 5.42 - Interruptores diferenciales

Las causas más comunes por las que es necesario un interruptor diferencial son:

Defecto de aislamiento: cuando se deteriora el aislamiento de los conductores y dispositivos eléctricos.

Contacto directo: cuando una persona o animal toca un conductor o una parte activa de un equipo eléctrico (bornes, contactos,...).

Contacto indirecto: cuando una persona o animal toca el chasis o carcasa metálica en el que, por avería, se ha derivado corriente hacia la misma (por deterioro de un aislamiento, por ejemplo).

Corriente de fuga o defecto: es la corriente que se deriva a tierra a través del conductor de protección (conductor de tierra) o a través de los elementos metálicos que están en contacto con tierra.

➤ Protección humana

El contacto de una persona con masas metálicas accidentalmente puestas bajo tensión se denomina contacto indirecto. Esta conexión accidental a una determinada tensión es provocada por un defecto de aislamiento. El contacto provoca una diferencia de potencial importante entre la masa del receptor eléctrico y tierra, haciendo circular una corriente de defecto, que puede llegar a ser peligrosa si la tensión de defecto aparecida es mayor que la tensión UL (Tensión de contacto máxima admisible).

Frente a este riesgo, las normas de instalación a nivel internacional han normado tres esquemas de conexión a tierra ECT y han definido las reglas de instalación y de protección correspondientes. Las medidas de protección contra contactos indirectos se apoyan en dos principios fundamentales:

La conexión a tierra de las masas de los receptores y equipos eléctricos.

La equipotencialidad de masas accesibles simultáneamente

De este modo, los interruptores diferenciales son interruptores automáticos que evitan el paso de corriente de intensidad peligrosa por el cuerpo humano. La peligrosidad de los efectos que se pueden producir depende de la intensidad de la corriente y de su duración.

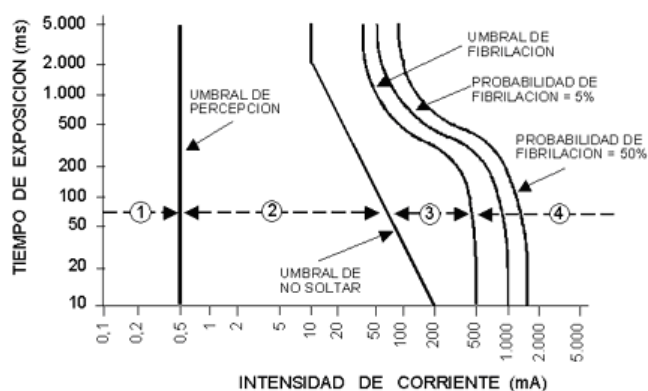


Figura 5.43 - Efectos sobre la salud del paso de corriente en función de la intensidad y el tiempo.

➤ Funcionamiento interno

El interruptor diferencial es un interruptor que tiene la capacidad de detectar la diferencia entre la corriente de entrada y salida en un circuito. El dispositivo abre el circuito cuando esta diferencia de intensidades supera un valor determinado (sensibilidad) para el que está calibrado, interrumpiendo el paso de la corriente a la instalación que protege.

La sensibilidad se define como el valor de la intensidad de desequilibrio que acciona el diferencial. Normalmente se fabrican de dos sensibilidades, 30 y 300 mA.

Los diferenciales se basan en una característica de los circuitos bifásicos o trifásicos, en los que la suma de las intensidades debe ser cero cuando no existen fugas. Así, por ejemplo, en una instalación monofásica la intensidad que circula por la fase debe ser igual a la que circula por el neutro, o lo que es lo mismo, la intensidad que entra debe ser igual a la que sale.

En esencia, el interruptor diferencial consta de dos bobinas, colocadas en serie con los conductores de alimentación de corriente, que producen campos magnéticos opuestos y un núcleo o armadura que mediante un dispositivo mecánico adecuado puede accionar unos contactos.

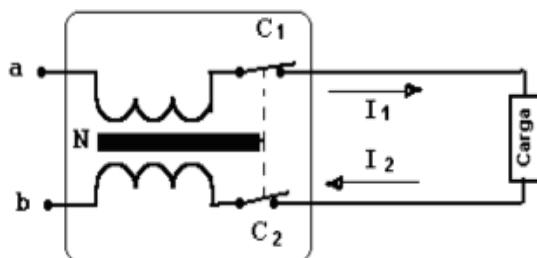


Figura 5.44 - Las dos intensidades (I_1 , I_2) son iguales y, por tanto, los campos magnéticos creados por ambas bobinas son iguales y opuestos. De modo que la resultante de ambos es nula.

Cuando se produce una corriente de fuga o defecto, las dos intensidades (la que entra y la que sale) ya no son iguales. De modo que, cuando por algún motivo la suma de intensidades no es cero, en la bobina auxiliar aparece una tensión que, aplicada a una pequeña bobina, acciona un pivote que a su vez acciona el dispositivo mecánico que abre los contactos principales del circuito.

El dispositivo de disparo automático es del tipo llamado de "libre mecanismo", es decir, que aún y reteniendo el correspondiente mando en la posición de circuito cerrado, éste se abre si aparece el defecto correspondiente.

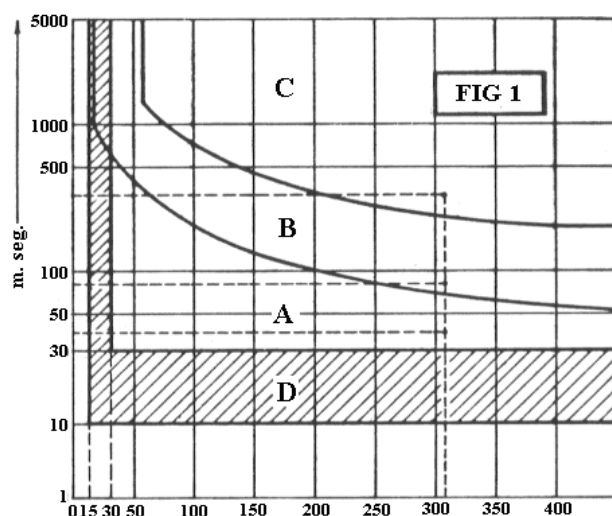


Figura 5.45 - Curva de disparo de un interruptor diferencial, del tipo "libre mecanismo".

La intensidad nominal que puede controlar un diferencial, depende de las dimensiones de los contactos principales. Se fabrican con intensidades comprendidas entre 25A y 63 A, siendo el más corriente el de 40 A, por ser el que se suele utilizar en viviendas.

Se fabrican dos modelos de diferenciales, uno de dos polos para suministros bifásicos y otro de cuatro polos para los suministros trifásicos con neutro.

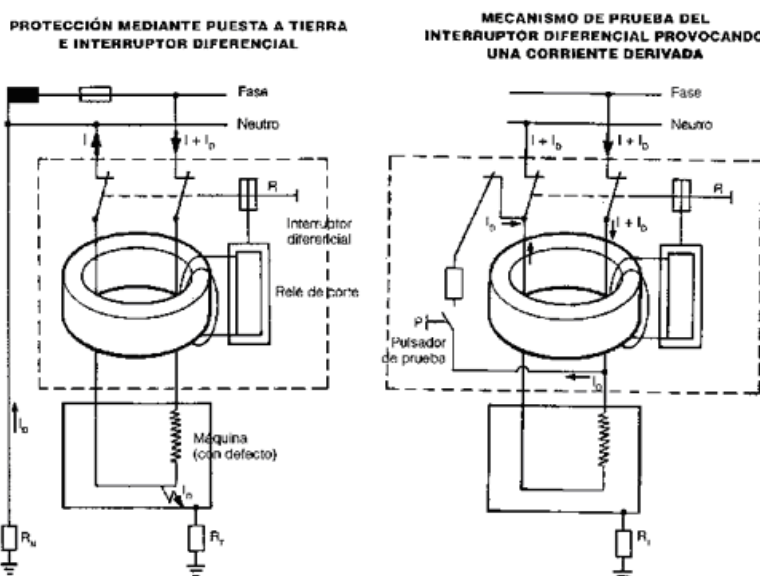


Figura 5.46 - Esquema de funcionamiento mediante flujo de corrientes.

Según normas VDE-0100, los diferenciales deben disponer de un botón de prueba mediante el cual se provoca una fuga igual a la sensibilidad del aparato y por tanto su desconexión inmediata. La finalidad de este pulsador es la de permitir al usuario comprobar periódicamente el correcto funcionamiento del interruptor diferencial.

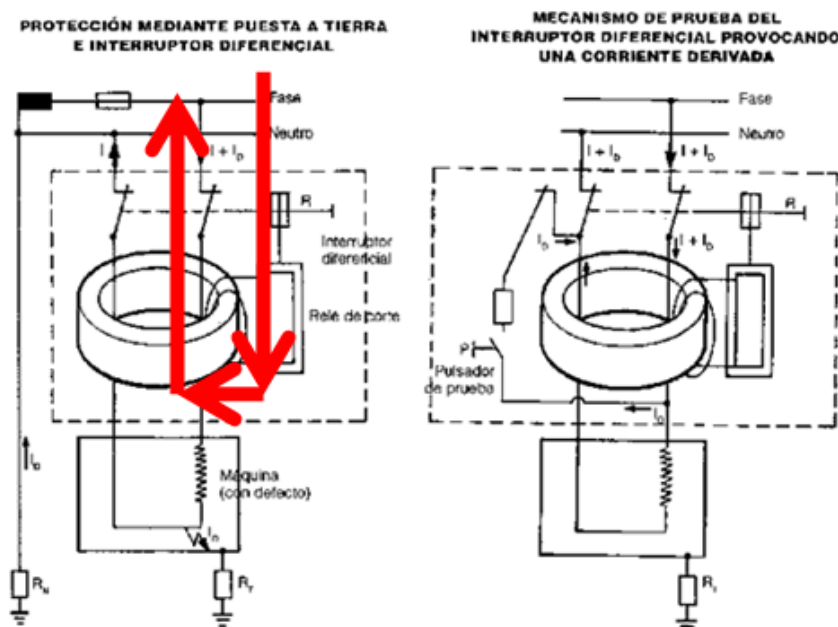


Figura 5.47 - Flujo de corrientes sin deriva.

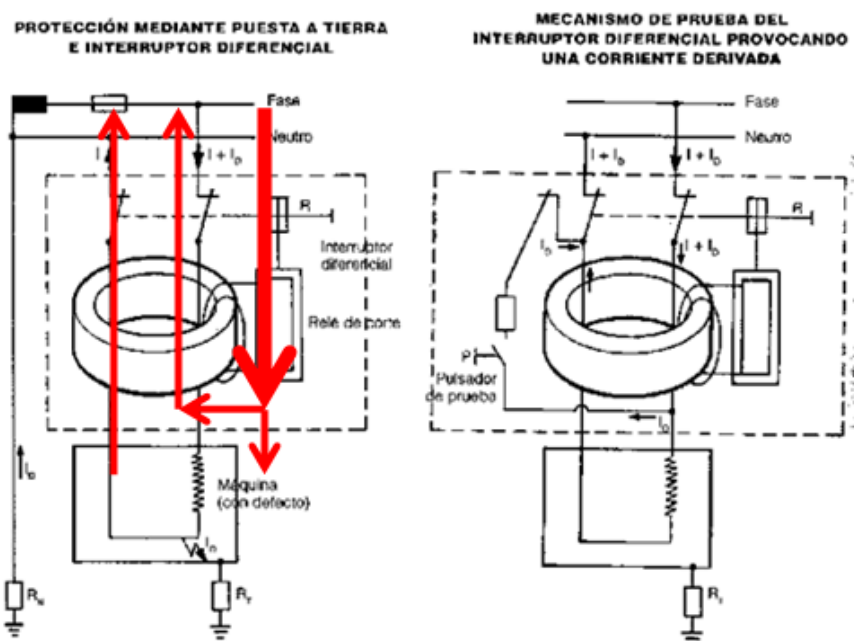


Figura 5.48 - Flujo de corrientes con deriva.

Para intensidades superiores a los 63 A. los diferenciales suelen utilizarse de forma indirecta, es decir, la señal diferencial obtenida de un toroidal es utilizada para accionar un contacto conmutado, encargado de accionar la bobina de emisión o la de mínima tensión del magneto-térmico de línea. Este tipo de diferenciales suele fabricarse según una extensa gama de prestaciones, por lo que resulta difícil generalizar.

➤ **Selectividad entre dispositivos diferenciales**

Si varios dispositivos diferenciales se hallan conectados en serie (es decir, en cascada) existirá selectividad cuando, al producirse un defecto a tierra, se dispare el diferencial más cercano al mismo sin afectar al diferencial situado "aguas arriba".

De "aguas arriba" a "aguas abajo", los diferenciales irán siendo de mayor sensibilidad (selectividad amperimétrica) y de menor tiempo de disparo (selectividad cronométrica).

5.3.4.5 Tubos y canalizaciones

➤ **Clasificación de tubos**

Los tubos protectores en instalaciones eléctricas pueden ser:

- Tubo y accesorios metálicos.
- Tubo y accesorios no metálicos.
- Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Además también pueden clasificarse por el tipo de instalación, ya que ésta determinará sus características mínimas. Los tubos, según el tipo de instalación pueden ser interiores o subterráneos.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

➤ **Tubos en canalizaciones fijas en superficie**

En las canalizaciones superficiales los tubos deberán ser preferentemente rígidos y, en casos especiales, podrán usarse tubos curvables.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil montaje.

➤ Tubos en canalizaciones empotradas

En las canalizaciones empotradas los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles y tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectores de obra y embebidos en hormigón.

➤ Canalizaciones aéreas o con tubos al aire

La única prescripción en canalizaciones al aire destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida es que los tubos deberán ser flexibles.

➤ Tubos en canalizaciones enterradas

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como son por ejemplo el de aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas, como por ejemplo el de calzadas y vías férreas.

Para más de 10 conductores por tubo, o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en un mismo tubo, la sección interior de éste será como mínimo igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

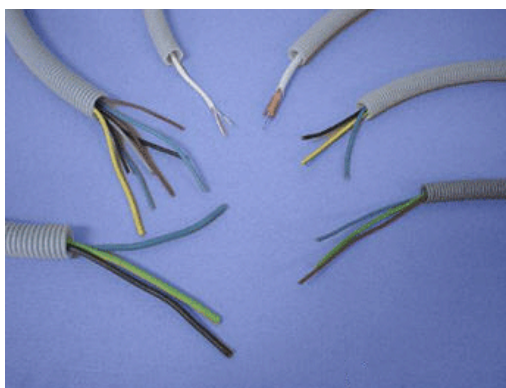


Figura 5.49 - Tubos precableados (www.propol.es)

➤ Instalación y montaje de los tubos

La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir lo indicado en las ITC-BT-19 ITC-BT-20, que se describe a continuación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:



- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles.
- Los registros podrán estar destinadas únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión.

Además, dependiendo del tipo de montaje, deberán cumplir otra serie de prescripciones.

➤ **Montaje en superficie**

Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0.5 m.

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.

Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

➤ **Montaje fijo empotrado**

Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.

➤ **Montaje al aire**

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Deberá además tenerse en cuenta que la longitud total de la conducción en el aire no debe ser superior a 4 metros, y que no empiece a una altura inferior a 2 metros.

5.4 Hipótesis de cálculos del sistema eléctrico

Existen una serie de comprobaciones que es necesario efectuar en el diseño de en una instalación eléctrica. Estas son:

- ☐ Que la intensidad admisible por el cable sea superior a la demandada.
- ☐ Que la caída de tensión desde el cuadro general sea inferior al 3%.
- ☐ Que la sección de cable sea normalizada.
- ☐ Que la instalación tenga línea de tierra.
- ☐ Que la sección de la tierra sea acorde a la fase y al neutro asociado.
- ☐ Que las secciones de fase y neutro sean acordes.
- ☐ Que los cables entren en el interior del tubo asignado.
- ☐ Que la pia pueda trabajar a la tensión que se le solicita y que la intensidad a la que abre el circuito sea inferior a la máxima que soporta el cable.
- ☐ Que el poder de corte a cortocircuito en KA, de la PIA y/o magneto térmico sea mayor que la de la Icc de la línea.
- ☐ Que no exista ninguna PIA, aguas abajo de mayor Intensidad.
- ☐ Que la intensidad de la línea, sea igual o menor que la de la protección, e igual o menor que la del cable utilizado.
- ☐ Que las intensidades de cortocircuito máxima y mínima, sean acordes a las del cable para que la protección dispare, antes de derretirse el mismo.
- ☐ Que esté protegida contra contactos indirectos aguas arriba.

En los apartados siguientes se explican los métodos de cálculo y comprobaciones efectuadas de cada una de las variables, mediante ejemplos.

5.4.1 Cálculos de potencia – Previsión de cargas

Para el cálculo de la potencia de cada línea hay que sumar las potencias de cada receptor conectado a dicha línea. Se debe tener en cuenta el factor de potencia de forma independiente en cada una de las máquinas.

En la siguiente tabla se muestran los factores de potencia de las cargas más habituales en una instalación eléctrica.

APARATO	CARGA	$\cos \varphi$
MOTOR ASÍNCRONO ORDINARIO	0%	0.17
	25%	0.55
	50%	0.73
	75%	0.8
	100%	0.85
LÁMPARAS DE INCANDESCENCIA		1
LÁMPARAS DE FLUORESCENCIA		0.5
LÁMPARAS DE DESCARGA		de 0.4 a 0.6
HORNOS DE RESISTENCIA		1
HORNOS DE INDUCCIÓN		0.85
HORNOS DE CALEFACCIÓN DIELECTRICA		0.85
MÁQUINAS DE SOLDAR POR RESISTENCIA		de 0.8 a 0.9
CENTROS ESTÁTICOS MONOFÁSICOS DE SOLDADURA AL ARCO		0.5
GRUPOS ROTATIVOS DE SOLDADURA AL ARCO		de 0.7 a 0.9
TRANSFORMADORES-RECTIFICADORES DE SOLDADURA AL ARCO		de 0.7 a 0.9
HORNOS AL ARCO		0.8

Tabla 5.2 Factores de potencia para distintas cargas de una instalación eléctrica.

No podrán agruparse en la misma línea aparatos receptores que consuman más de 16 amperios, éstos se alimentarán directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.

- Líneas monofásicas

La potencia en una línea monofásica debe calcularse como:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Siendo

:

- **P** la potencia que consume la línea, en W.
- **U** la tensión eficaz, en V.
- **I** la intensidad eficaz en A.
- **cos φ** el factor de potencia.

Por tanto, la intensidad que circula por dichas líneas :

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

- Líneas trifásicas

La potencia en una línea trifásica debe calcularse como:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Siendo :

- **P** la potencia que consume la línea, en W.
- **U** la tensión eficaz, en V.
- **I** la intensidad eficaz en A.
- **cos φ** el factor de potencia.

Por tanto, la intensidad que circula por dichas líneas :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

5.4.2 Cálculos de la densidad de corriente

5.4.2.1 En líneas con lámparas de descarga conectadas

En las instalaciones lumínicas con fluorescentes o downlights, que en la actualidad son los más utilizados en pequeños espacios, se debe tener en cuenta el consumo eléctrico de dos componentes: el elemento lumínico y la reactancia.

Para el cálculo de la potencia en líneas en las que estén conectadas lámparas o tubos de descarga debe aumentarse la potencia en un 20% para tener en cuenta el consumo de la reactancia.

Además, el consumo de estos aparatos en arrancada es muy superior al del consumo en régimen permanente, con lo que la línea debe ser dimensionada para el instante del arranque. Los circuitos de alimentación de lámparas o tubos de descarga están previstos para transportar la carga debida a los propios receptores y a sus elementos asociados con sus respectivas corrientes armónicas.

Según la norma, para poder tener en cuenta la arrancada en estos elementos de iluminación como son los tubos o lámparas de descarga (fluorescentes, downlights,...) hay que calcular la carga mínima multiplicando la potencia obtenida por un coeficiente de mayoración de cargas de 1,8:

$$P_{\text{arrancada}} = 1,8 \cdot P_{\text{régimen permanente}}$$

- Líneas monofásicas

De aquí se deduce que la intensidad que se debe preveer para el cálculo del cable de alimentación a lámparas o tubos de descarga en líneas monofásicas es:

$$I = 1,8 \cdot \frac{P}{U}$$

siendo:

- **I** la intensidad en A.
- **P** la potencia con el respectivo 20% tenido en cuenta por el consumo de la reactancia, en W.
- **U** la tensión, en V.

- Líneas trifásicas

Si se trata de líneas trifásicas, el cálculo de la intensidad para el cálculo de la sección del cable de alimentación a tubos o lámparas de descarga es:

$$I = 1,8 \cdot \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U}$$

siendo:

- **I** la intensidad en A.
- **P** la potencia con el respectivo 20% tenido en cuenta por el consumo de la reactancia, en W.
- **U** la tensión, en V.

5.4.2.2 En líneas con motores conectadas

El consumo de estos aparatos en arrancada también es superior al del consumo en régimen permanente, con lo cual la línea debe ser dimensionada para el instante del arranque. Los conductores que alimentan a uno o varios motores estarán dimensionados a una intensidad no menor al 125% de la intensidad total a plena carga, teniendo en cuenta un $\cos \varphi = 0.85$ para cada motor, si éste es convencional. El factor de potencia específico de cada motor viene determinado en la placa de características del motor, siendo 0.85 el más habitual.

- Líneas monofásicas

Por tanto, para líneas monofásicas, la intensidad prevista para un conductor que alimente a uno o más motores deberá ser, sea cual sea su régimen de trabajo (arrancada o permanente):

$$I = 1,25 \cdot \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

siendo:

- **I** la intensidad eficaz en A.
- **P** la potencia, en W.
- **U** la tensión, en V.

En el caso de desconocer el factor de potencia se debe de presuponer que vale 1.

- Líneas trifásicas

Del mismo modo, en líneas trifásicas se calculará la intensidad prevista para un conductor que alimente a uno o más motores, sea cual sea su régimen de trabajo (arrancada o permanente), como:

$$I = 1,25 \cdot \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

siendo:

- **I** la intensidad en A.
- **P** la potencia, en W.
- **U** la tensión, en V.

5.4.3 Cálculos de la sección de los conductores

En función de la potencia calculada para cada línea, para la determinación de la sección de cada línea se deberá tener en cuenta la intensidad máxima que puede soportar el conductor. Una vez determinada dicha sección es posible determinar la caída de tensión en dicha línea.

- Líneas monofásicas

La mínima sección que debe tener un conductor de una línea en monofásico se calculará como:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e} = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

No se debe olvidar mayorar las potencias.

- Líneas trifásicas

Del mismo modo, la mínima sección que debe tener un conductor de una línea en trifásico se calculará como:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e} = \frac{L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

Siendo para ambos casos:

- γ la conductividad del material del conductor a una cierta temperatura de trabajo, en $m/\Omega \cdot mm^2$.
- L la longitud de la línea, en m.
- I la Intensidad, en A.
- $\cos \varphi$ el factor de potencia.
- S la sección, en mm^2 .
- U la tensión, en voltios.
- e la caída de tensión máxima permitida en la línea analizada, en voltios.
- P es la potencia, en vatios

de modo que:

- para monofásicas: $I \cdot \cos \varphi = \frac{P}{U}$

- para trifásicas: $\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \varphi = \frac{P}{U}$

La conductividad γ , como ya se ha comentado, es una característica del material que puede variar con la temperatura, tal y como indica la tabla siguiente:

Material	γ 20	γ 70	γ 90
Cobre	56	48	44
Aluminio	35	30	28
Temperatura	20°C	70°C	90°C

Tabla 5.3 Conductividad del cobre y el aluminio a diferentes temperaturas, en $m/\Omega \cdot mm^2$.

En muchas ocasiones es posible encontrar para el cálculo de la sección de un conductor las mismas fórmulas pero dependiendo de la resistividad (ρ) en lugar de la conductividad (γ), ya que una es inversa de la otra:

$$\rho = \frac{1}{\gamma}$$

Y, del mismo modo, la resistividad, cuyas unidades son $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$, depende también de la temperatura a la cual se encuentre el material:

Material	ρ 20	ρ 70	ρ 90
Cobre	0,018	0,021	0,023
Aluminio	0,029	0,033	0,036
Temperatura	20°C	70°C	90°C

Tabla 5.4. Resistividad del cobre y el aluminio a diferentes temperaturas, en $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$

5.4.4 Cálculos de la caída de tensión

Una caída de tensión superior a la admisible puede provocar que la máquina instalada en la línea funcione incorrectamente. En ese caso lo más recomendable, por seguridad de la máquina y de la instalación en general, es aumentar la sección del conductor

- Líneas monofásicas - Caída de tensión entre fase y neutro

A raíz de las fórmulas descritas anteriormente, la caída de tensión entre fase y neutro para un circuito monofásico podría calcularse como:

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot S \cdot U} = \frac{2 \cdot L \cdot P \cdot \rho}{S \cdot U}$$

- Líneas trifásicas - Caída de tensión entre fases

Del mismo modo, la mínima sección que debe tener un conductor de una línea en trifásico se calculará como:

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S} = \frac{L \cdot P}{\gamma \cdot S \cdot U} = \frac{L \cdot P \cdot \rho}{S \cdot U}$$

Del mismo modo, la caída de tensión entre fases puede calcularse como:

Siendo para ambos casos:

- **e** la caída de tensión máxima permitida en la línea analizada, en voltios.
- **γ** la conductividad del material del conductor a una cierta temperatura de trabajo, en $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$.
- **ρ** la resistividad del material del conductor a una cierta temperatura de trabajo, en $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$.
- **L** la longitud de la línea, en m.
- **I** la Intensidad, en A.
- **$\cos \varphi$** el factor de potencia.
- **S** la sección del conductor instalada, en mm^2 .
- **U** la tensión, en voltios.
- **P** es la potencia, en vatios

de modo que:

- para monofásicas: $I \cdot \cos \varphi = \frac{P}{U}$

- para trifásicas: $\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \varphi = \frac{P}{U}$

5.4.4.1 Caídas de tensión admisibles

Conocido el valor de la caída de tensión respecto a la tensión nominal, deberá verificarse que se cumpla que en cada línea de derivación no sea mayor al indicado en los esquemas que a continuación se muestran.

Hay que tener en cuenta que, según la norma ITC-BT-19, la sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, del 3% para alumbrado y del 5% para demás usos.

➤ Esquema para un único usuario

La caída de tensión entre el fusible de la Caja de Protección y Medida y el interior de la vivienda del usuario no debe superar el 1,5% de la tensión nominal.

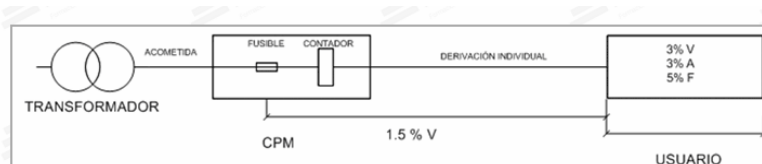
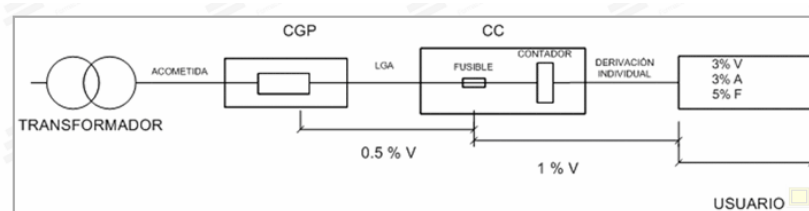


Figura 5.51 Caídas de tensión máximas para esquemas de un único usuario, en % respecto a la tensión nominal

➤ Esquema para una única centralizaciones de contadores

La caída de tensión entre la Caja General de Protección y el fusible de la Centralización de contadores no debe superar el 0,5% de la tensión nominal. Además, la caída de tensión entre dicho fusible y el interior de la vivienda del usuario no debe superar el 1,0% de la tensión nominal.



➤ Esquema para varias centralizaciones de contadores

Las caídas de tensión entre la Caja General de Protección y los fusibles de las diferentes Centralizaciones de contadores no deben superar el 1,0% de la tensión nominal. Además, las caídas de tensión entre dichos fusibles y el interior de las viviendas de los usuarios no deben superar el 0,5% de la tensión nominal.

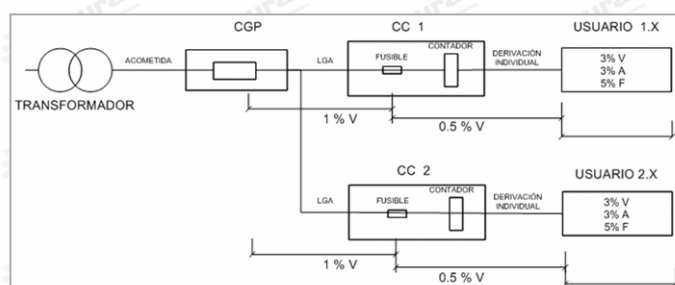


Figura 5.50 Caídas de tensión máximas para esquemas de varias Centralizaciones de contadores, en % respecto a la tensión nominal (LGA: Línea General de Alimentación).



De forma práctica, sería posible resumir las limitaciones por caída de tensión con la siguiente tabla:

Parte de la instalación	Para alimentar a:	Caída de tensión máxima en %, respecto la de suministro
LGA Linea General de Alimentacion	Suministros de un único usuario	No existe LGA
	Contadores totalmente concentrados	0,50%
	Centralizaciones parciales de contadores	1,00%
DI Derivacion Individual	Suministros de un único usuario	1,50%
	Contadores totalmente concentrados	1,00%
	Centralizaciones parciales de contadores	0,50%
DI Circuitos Interiores	Circuitos interiores en viviendas	3%
	Circuitos de alumbrado que no sean viviendas	3%
	Circuitos de fuerza que no sean viviendas	5%

Tabla 5.5. Caídas de tensión maximas

5.4.5 Cálculos contra sobre-intensidades

Los circuitos deberán estar protegidos ante los efectos de las sobre intensidades que puedan presentarse en el circuito mediante interruptores magneto térmicos, los cuales se dimensionarán en base a dos aspectos: el tiempo de respuesta y el poder de corte, además de la intensidad nominal.

❖ Intensidad

La intensidad nominal de un interruptor magneto térmico es la intensidad para la cual está pensado que trabaje. De modo que si la intensidad que circula por la línea es mayor a la nominal el interruptor magneto térmico intentará abrir el circuito.

Para que el interruptor magneto térmico pueda proteger el cable su intensidad nominal debe ser siempre inferior a la tensión admisible del conductor que protege.

❖ Tiempo de respuesta

En caso de producirse un cortocircuito en un determinado punto de una línea la protección debe de reaccionar lo más rápidamente posible. De modo que, teniendo en cuenta que la carga puede estar situada a una distancia considerable, es importante minimizar el periodo de tiempo desde el momento en el cual se produzca el cortocircuito hasta que la protección magneto térmica actúe. Este periodo de tiempo es lo que se denomina tiempo de respuesta.

La comprobación del tiempo de respuesta pretende determinar que el cable escogido soporta durante este periodo de tiempo el cortocircuito. Si no es así, deberá aumentarse la sección del cable o colocar un interruptor magneto térmico con menor tiempo de respuesta.

❖ Poder de corte (Icu)

La intensidad que circula por la línea, en caso de producirse un cortocircuito en un determinado punto de la instalación, no es constante y poco cuantificable, pero sí está claro que tiende a infinito. Si la longitud entre el punto donde se produce el cortocircuito y el interruptor magneto térmico es considerable, puede que la protección sea insuficiente para poder interrumpir la gran cantidad de intensidad de corriente que debe soportar. En ese caso, el magneto térmico no sólo no podría proteger el circuito, sino que además permitiría que el cortocircuito afectara al resto de la instalación (aguas arriba).

El poder de corte de un interruptor magneto térmico es el máximo valor de intensidad que puede soportar para poder proteger el circuito con garantías.

El valor más habitual en las series comerciales es el de 6 kA. También es muy corriente el de 10 kA. Para valores superiores existen equipos con poder de corte regulables.

Las sobreintensidades generalmente pueden estar motivadas por:

- **Sobrecargas** Debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia. El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado.
- **Cortocircuitos**. En el origen de todo circuito (cabecera de línea) se instala un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte está de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión

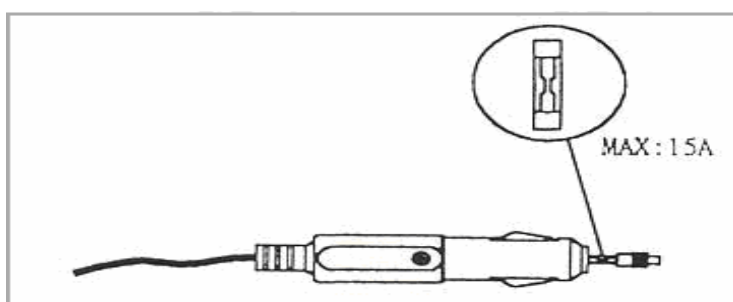


Figura 5.51 Algunos aparatos que trabajan con intensidades muy bajas llevan su propia protección contra cortocircuitos para evitar posibles sobre intensidades.

❖ **Poder de corte (Icu)**

La intensidad que circula por la línea, en caso de producirse un cortocircuito en un determinado punto de la instalación, no es constante y poco cuantificable, pero sí está claro que tiende a infinito. Si la longitud entre el punto donde se produce el cortocircuito y el interruptor magneto térmico es considerable, puede que la protección sea insuficiente para poder interrumpir la gran cantidad de intensidad de corriente que debe soportar. En ese caso, el magneto térmico no sólo no podría proteger el circuito, sino que además permitiría que el cortocircuito afectara al resto de la instalación (aguas arriba).

❖ **Intensidad de cortocircuito**

Para que la línea quede protegida a cortocircuito el poder de corte de la protección (I_{cu}) debe ser mayor al valor de la intensidad máxima de cortocircuito ($I_{cc \text{ máx}}$):

$$I_{cu} \geq I_{cc \text{ máx}}$$

El poder de corte necesario en una protección depende de los cables existentes aguas arriba desde la protección que se analiza. Con lo cual, puede calcularse la intensidad de cortocircuito en cada fase mediante las fórmulas que a continuación se describen.

○ **Líneas monofásicas**

La intensidad de cortocircuito (I_{cc}) en líneas monofásicas se calculará entre fase y neutro:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

El poder de corte necesario en una protección depende de los cables existentes aguas arriba desde la protección que se analiza.

Con lo cual, puede calcularse la intensidad de cortocircuito en cada fase mediante las fórmulas que a continuación se describen.

○ **Líneas trifásicas**

La intensidad de cortocircuito (I_{cc}) en líneas trifásicas se calculará entre fases:

$$I_{cc} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

siendo, para ambos casos:

- **U_l** la tensión compuesta, en V.
- **U_f** la tensión simple, en V.
- **Z_t** la impedancia total en el punto de cortocircuito, en Ω .
- **I_{cc}** la intensidad de cortocircuito, en kA.

❖ Resistencia - Impedancia

La resistencia es el valor de oposición al paso de la corriente (sea directa o alterna) que tiene el resistor o resistencia, mientras que la reactancia es el valor de la oposición al paso de la corriente (sólo corriente alterna) que tienen los condensadores (capacitores) y las bobinas (inductores). La reactancia capacitiva es debida a los condensadores y la reactancia inductiva debida a las bobinas.

En ausencia de datos se puede estimar el valor de la reactancia inductiva como $0,1\Omega/\text{km}$, o bien como un incremento adicional de la resistencia. De modo que puede establecerse una relación entre la sección del conductor y su reactancia para poder estimar su valor, tal y como muestra la siguiente tabla.

Sección	Reactancia Inductiva
120 mm ²	$X = 0$
150 mm ²	$X = 0,15 \cdot R$
180 mm ²	$X = 0,20 \cdot R$
240 mm ²	$X = 0,25 \cdot R$

Tabla 5.6 Valores aproximados de la reactancia inductiva de un conductor con resistencia de línea R, en Ω .

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtendrá a partir de las resistencias y reactancias totales de los elementos de la red hasta el punto de cortocircuito.

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

siendo:

$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n$; la resistencia total hasta el punto de cortocircuito.

$X_t = X_1 + X_2 + \dots + X_n$; la reactancia total hasta el punto de cortocircuito.

Hay que mencionar que, debido a su escaso valor respecto a la resistencia total, en muchos casos es posible despreciar la reactancia total en el cálculo de la impedancia total.

Como ya se ha comentado en temas anteriores, los poderes de corte habituales son 6 kA y 10 kA. Para valores superiores existen equipos con poder de corte regulables.

También cabe destacar que algunos autores utilizan como cálculo de resistencia de línea la expresión:

$$R_{\text{línea}} = \rho \cdot \frac{2 \cdot L}{S}$$

En ese caso habrá que usar, para el cálculo de la intensidad de cortocircuito, la expresión:

$$I_{cc} = \frac{230}{R_{\text{Total}}} = \frac{230}{R_{\text{línea}} + 2 \cdot R_{\text{cabecera}}}$$

También hay que mencionar que la resistividad de un material depende de la temperatura.

Tal y como muestra la tabla siguiente, la resistividad aumenta con el aumento de la temperatura.

Material	ρ_{20}	ρ_{70}	ρ_{90}
Cobre	0,018	0,021	0,023
Aluminio	0,029	0,033	0,036
Temperatura	20°C	70°C	90°C

Tabla 5.7 Resistividad del cobre y el aluminio en función de la temperatura de trabajo.

Como ya se ha comentado anteriormente, los dispositivos de protección deberán tener un poder de corte mayor o igual a la intensidad de cortocircuito prevista en ese punto de la instalación.

Además deberán actuar en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por los cables no supere la máxima permitida por el conductor. Es decir, el tiempo de corte de un interruptor magneto térmico de toda corriente que resulte de un cortocircuito en cualquier punto (el más alejado de la protección es el más desfavorable) no debe ser superior al tiempo que los conductores tardan en alcanzar su temperatura máxima admisible. Para que se cumpla esta última condición, la curva de actuación de los interruptores automáticos (magneto térmicos) debe estar por debajo de la curva térmica del conductor (cable).

Es necesario realizar DOS COMPROBACIONES, la primera suponiendo que el tiempo de degradación del cable (t_{cable}) es menor de 0,1 segundos, y una segunda suponiendo que el t_{cable} está entre 0,1 y 5 segundos.

• 1ª) $t_{\text{cable}} < 0,1 \text{ s}$

Cuando el tiempo de degradación del cable sea menor a una décima de segundo debe comprobarse que la exigencia térmica del cable ($k^2 \cdot S^2$) sea mayor que la exigencia térmica de la protección ($I^2 t$):

$$k^2 \cdot S^2 > I^2 t$$

La exigencia térmica del cable puede calcularse como $K^2 \cdot S^2$, siendo S la sección del cable (en mm²); y k una constante que depende del material de la cobertura que protege al conductor (en A·s^{1/2}/mm). La siguiente tabla muestra los valores que puede alcanzar, en función del rango de temperaturas de trabajo:

Cobertura del cable	Rango de temperaturas (en °C)	K (en A·s ^{1/2} /mm)
PVC	30-60	143
	70-160	115
PR/EPR	30-250	176
	90-250	143
CAUCHO/BUTILO	30-220	166
	85-220	134

Tabla 5.8 Valores de k en función de la cobertura y el rango de temperaturas, especificados por la norma (UNE 20460-4-43).

La siguiente comprobación, suponiendo que el tiempo de degradación del cable está entre una décima de segundo y cinco segundos, es la de corroborar que el tiempo admisible del cable ($t_{Icc\ min}$) sea mayor o igual que el tiempo de disparo (t_{Im}):

- 2ª) $t_{Icc\ min} \geq t_{Im}$

Nota: Existen fabricante de magneto térmicos con $P^2t < 28000$ idóneos para secciones de cable 1,5mm².

El tiempo admisible del cable depende básicamente de la intensidad de cortocircuito mínima ($I_{cc\ min}$), mientras que el tiempo de disparo se basa en la intensidad de cortocircuito (I_m).

La intensidad de cortocircuito (I_m) se determina multiplicando por un coeficiente el valor de la intensidad nominal del interruptor magneto térmico (I_n). Dependiendo del tipo de interruptor magneto térmico este coeficiente será distinto, tal y como muestra la siguiente tabla:

Tipo de magnetotérmico	Intensidad de cortocircuito
curva B	$I_m = 5 \cdot I_n$
curva C	$I_m = 10 \cdot I_n$
curva D	$I_m = 20 \cdot I_n$

Tabla 5.9 Cálculo de la intensidad de cortocircuito en función del tipo de curva del magneto térmico.

Teniendo en cuenta que se ha instalado un interruptor magneto térmico, tal y como muestra la figura 1.4.1, con una intensidad nominal de 10 A del tipo 'curva C':

$$I_m = 10 \cdot I_n = 10 \cdot 10 = 100\ A$$

5.4.6 Cálculos contra sobre-cargas

Un circuito que alimenta una determinada carga puede decirse que está debidamente protegido cuando se ha dimensionado correctamente tanto la sección del cable como la intensidad máxima del interruptor magneto térmico. En estas circunstancias puede decirse que la protección trabaja correctamente. Aún y así, cuando el periodo de funcionamiento es muy elevado, el efecto Joule (calor liberado por el paso de los

electrones) va aumentando y, como consecuencia, también lo hace la intensidad que circula por el circuito. Cuando esta sobre intensidad llega a un cierto valor es cuando actúa la parte térmica del interruptor magneto térmico.

Para que la línea quede protegida a sobrecarga la protección debe cumplir simultáneamente las siguientes dos condiciones:

$$1. I_{\text{consumo}} \leq I_{\text{nominal protección}} \leq I_{\text{admisible cable}}$$

$$2. I_{\text{tc}} \leq 1,45 \cdot I_z$$

La primera condición especifica que la protección de un circuito debe poder soportar la intensidad de consumo (o de utilización del conductor), es decir, la intensidad que en condiciones normales consume la carga alimentada por ese circuito, ya que deben evitarse los disparos durante el funcionamiento normal.

Además, la intensidad nominal del interruptor magneto térmico debe ser menor que la intensidad admisible del cable, ya que es la única forma de garantizar que el cable no sufre daños. La tensión admisible del conductor depende directamente de la sección utilizada del cable.

Por otro lado, la corriente nominal del dispositivo de protección debe ser menor o igual que la capacidad máxima en régimen permanente (I_z) del conductor (y que corresponde a la corriente máxima admisible), de modo que éste pueda detectar una sobrecarga en la línea de alimentación. Por lo tanto, cuando la línea de alimentación esté sobrecargada un 45%, debe intervenir el dispositivo de protección para impedir que la instalación sufra daños provocados por los sobrecalentamientos. La siguiente tabla enumera las distintas nomenclaturas referentes a intensidad:

$I_{\text{uso}}, I_{\text{consumo}}$	Intensidad de uso prevista en el circuito
$I_{\text{nominal de protección}}, I_n$	Intensidad nominal del fusible o magnetotérmico
$I_z, I_{\text{admisible del cable}}$	Intensidad máxima admisible del conductor
I_{tc}, I_2	Intensidad disparo del dispositivo a tiempo convencional

Tabla 5.10 Nomenclaturas referentes a conceptos de intensidad.

❖ **COMPROBACIÓN 1:** $I_{\text{consumo}} \leq I_{\text{nominal protección}} \leq I_{\text{admisible cable}}$

Supóngase la instalación de un motor monofásico de 1500 W con un factor de potencia de $\cos \varphi = 0,85$. A continuación se realizarán, para este circuito, las dos comprobaciones a sobrecalentamiento mencionadas anteriormente.

La intensidad de consumo puede obtenerse como la intensidad calculada para un circuito en el que, teniendo en cuenta que la carga se trata de un motor, hay que tener en cuenta un pico de tensión en arrancada de un 25%. De modo que puede usarse la siguiente fórmula:

$$I = \frac{1,25 \cdot P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{1,25 \cdot 1500}{230 \cdot 0,85} = 9,59 \text{ A}$$

siendo:

- **P** la potencia activa que consume el motor en régimen permanente, en W.
- **U** la tensión simple que alimenta el circuito, en V.
- **$\cos \varphi$** el factor de potencia.

La intensidad nominal de la protección debe ser, tal y como indica la COMPROBACIÓN 1, superior a la intensidad de uso o consumo. De modo que, escogiendo de entre la serie comercial de intensidades nominales de interruptores magneto térmicos permitida por la norma:

10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A.

se instalará un interruptor magneto térmico de 10 A de intensidad nominal, ya que cumple que:

$$I_{\text{nominal protección}} = 10 \text{ A} \geq 9,59 = I_{\text{consumo}}$$

Para el cálculo de la intensidad admisible del cable deberá obtenerse previamente su sección, la cual deberá ser suficiente para cumplir que la caída de tensión provocada en la línea es menor que la permitida por la norma.

Suponiendo que el circuito pertenece a una instalación interior a una vivienda, la caída de tensión máxima que impone la norma es de un 3%, de modo que:

$$\text{Caída de tensión máxima} = e = 0,03 \cdot 230 = 6,9 \text{ V}$$

Así pues, suponiendo que la carga está trabajando en un medio a altas temperaturas y que, por tanto, habrá que escoger como conductividad la del cobre a 90 °C; y que la longitud del cable desde cabecera hasta la carga es de 15 m, la sección del conductor en las condiciones más desfavorables puede calcularse como:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma_{90} \cdot e} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 9,59 \cdot 0,85}{44 \cdot 6,9} = 0,8055 \text{ mm}^2$$

Siendo:

- **L** la longitud del cable desde cabecera hasta la carga, en m.
- **I** la intensidad de consumo en el momento de la arrancada, en A.
- **cos φ** el factor de potencia.
- **γ₉₀** la conductividad del cobre a 90 °C, en m/Ω·mm².
- **e** la caída de tensión máxima desde cabecera hasta la carga, en V.

De modo que, escogiendo de entre las secciones comerciales de cable:

1.5, 2.5, 4.0, 6.0, 10.0, 16.0, 25.0, 35.0, 50.0, 70.0 y 95.0 mm²

Se selecciona la sección inmediatamente superior a la sección necesaria para la caída de tensión máxima del 3%. Por tanto, se instala un cable de 1,5 mm².

Una vez dimensionado el cable ya es posible determinar su intensidad admisible, mediante la siguiente tabla:

Sección en mm ²	Intensidad en A	Sección en mm ²	Sección
1,5	13	1,5	/
2,5	17.5	2,5	/
4	23	4	/
6	30	6	37
10	40	10	52
16	54	16	70
25	70	25	88
35	86	35	110
50	103	50	133

Tabla 5.11 Intensidades admisibles para conductores de cobre en instalaciones monofásicas, según sección de cable, para cables con una tensión de aislamiento de 750V (izquierda) o bien de 1000V (derecha).

Sección en mm ²	Intensidad en A	Sección en mm ²	Sección
1,5	11,5	1,5	/
2,5	16	2,5	/
4	21	4	/
6	27	6	36
10	37	10	50
16	49	16	66
25	64	25	84
35	77	35	104
50	94	50	125

Tabla 5.12 Intensidades admisibles para conductores de cobre en instalaciones trifásicas, según sección de cable, para cables con una tensión de aislamiento de 750V (izquierda) o bien de 1000V (derecha).

Teniendo en cuenta que la sección escogida para el cable es de 1,5 mm², la intensidad admisible por este cable será de 13 A. Con lo cual cumple con la comprobación que debía realizarse:

$$I_{\text{consumo}} (9,59 \text{ A}) \leq I_{\text{nominal protección}} (10 \text{ A}) \leq I_{\text{admisible cable}} (13 \text{ A})$$

❖ COMPROBACIÓN 2: $I_{\text{te}} \leq 1,45 \cdot I_z$

Es imprescindible que la protección actúe antes que el cable llegue a su situación límite de carga. Del mismo modo, o dicho de otra manera, es necesario que el cable soporte el sobrecalentamiento en sobrecarga que pueda producirse debido al retardo en el disparo de la protección (interruptor magneto térmico).

La intensidad I_{te} es una característica correspondiente a una determinada protección. Ésta toma unos u otros valores determinados en función de si se protege con fusibles o con interruptores magneto térmicos, aunque en ambos casos se calculará mediante la intensidad nominal del aparato de protección.

En los interruptores magneto térmicos el valor de la I_{tc} depende de la familia a la cual pertenezcan, o lo que es lo mismo, depende de la UNE bajo la cual hayan sido fabricados, tal y como muestra la tabla siguiente:

UNE	I_{tc}
UNE EN 60898	$1,45 \cdot I_n$
UNE EN 60947	$1,30 \cdot I_n$

Tabla 5.13 Valor de I_{tc} para interruptores magneto térmicos, Donde I_n es la intensidad nominal.

En los fusibles la I_{tc} depende única y exclusivamente de su intensidad nominal:

I_n	I_{tc}
$I_n < 4$	$2,1 \cdot I_n$
$4 > I_n > 16$	$1,9 \cdot I_n$
$I_n < 4$	$1,6 \cdot I_n$

Tabla 5.14 Valor de I_{tc} para fusibles, donde I_n es la intensidad nominal.

Teniendo en cuenta que la instalación del ejemplo se protege con un interruptor magneto térmico del tipo UNE EN 60898 de 10 A de intensidad nominal (calculados en la anterior comprobación), su intensidad de disparo a tiempo convencional será de:

$$I_{tc} = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 10 = 14,5 \text{ A}$$

Con lo cual, podemos observar que se cumple también la segunda comprobación:

$$I_{tc} = 14,5 \text{ A} \leq 1,45 \cdot I_z = 1,45 \cdot 13 \text{ A} = 18,85 \text{ A}$$

5.4.7 Cálculos de iluminación

El número de puntos de luz o luminarias vendrá dado por la expresión:

$$N = \frac{E_m \times S}{f \times C1 \times C2}$$

Siendo:

Em = Iluminación media en Lux.

S = Superficie a iluminar en m².

C1 = Rendimiento de la iluminación = 0,75.

C2 = Factor de conservación de la instalación = 0,8.

En nuestro caso hemos realizado el estudio, apoyándonos en un programa de cálculo de iluminación DIALUX, que detallaremos más adelante.

5.4.8 Cálculos de los sistemas de tierras y pararrayos

❖ Sistema RED de TIERRA

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Este valor de la resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

24 V en local o emplazamiento conductor

50 V en los demás casos.

En nuestro edificio nuestra red toma de tierra esta realizada con cobre desnudo de 35 mm², unido mediante soldadura aluminotérmica a la armadura de cada zapata, Además la red equipotencial en cuartos de baño y cocinas realizada con 4 mm², conectado a tierra todas las canalizaciones metálicas existentes y todos los elementos conductores que resulten accesibles según R.E.B.T

❖ **Sistema PARARRAYOS**

A principios de 2006 entró en vigor el nuevo Código Técnico de Edificación (CTE), que en su sección SU 8 “Seguridad frente al riesgo causado por la acción de la rayo”, indica la obligatoriedad de instalar dispositivos para la protección externa e interna contra el rayo, en los siguientes casos:

- Edificios en los que se manipulen sustancias tóxicas, radioactivas, altamente inflamables o explosivas.
- Edificios con una altura superior a los 43 metros.
- Siempre que la frecuencia esperada de impacto sea mayor que el riesgo admisible (función de la ubicación geográfica de la instalación, de la superficie equivalente de la estructura a proteger, del tipo de construcción, del contenido del edificio, del uso del edificio, y de la necesidad de continuidad de las actividades que se desarrollan en el edificio), según cálculos especificados en CTE, sección SU8.

En nuestro caso hemos realizado el estudio, apoyándonos en un programa de cálculo de pararrayos, suministrado por el fabricante CIRPROTEC, que detallaremos más adelante.



5.5 Reglamentación y Normativa

El presente proyecto en su diseño y redacción se ha efectuado conforme a la última edición de los diferentes Códigos y Normas que afectan:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Instrucciones Técnicas complementarias.
- Plan General de Ordenación Urbana de Arroyomolinos.
- Ordenanza de Protección del Medio Ambiente Urbano de Arroyomolinos.
- Norma Básica de la edificación sobre Protección Contra Incendios en los edificios (NBE-CPI-96).
- Documento Básico SU 8 Seguridad frente al riesgo causado por un rayo del Código Técnico de la Edificación
- Documento Básico HE Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación
- UNE 20-460-94 Parte 5-523: Intensidades admisibles en los cables y conductores aislados.
- UNE 20-434-90: Sistema de designación de los cables.
- UNE 20-435-90 Parte 2: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones de 1 a 30kV.
- UNE 20-460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra las sobre intensidades.
- UNE 20-460-90 Parte 5-54: Instalaciones eléctricas en edificios. Puesta a tierra y conductores de protección.
- UNE-IEC 60 947-2:1996 (UNE - NP): Aparamenta de baja tensión. Interruptores automáticos.
- EN-IEC 60 947-2:1996 (UNE - NP) Anexo B: Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
- EN-IEC 60 947-3:1999: Aparamenta de baja tensión. Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.
- EN-IEC 60 269-1(UNE): Fusibles de baja tensión.
- EN 60 898 (UNE - NP): Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogos para la protección contra sobre intensidades.

En la actualidad se encuentra vigente el REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto de 2002, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Según el mismo texto:

"El vigente Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Decreto 2413/1973, de 20 de septiembre, supuso un considerable avance en materia de reglas técnicas y estableció un esquema normativo, basado en un reglamento marco y unas instrucciones complementarias, las cuales desarrollaban aspectos específicos, que se reveló altamente eficaz, de modo que otros muchos reglamentos se realizaron con análogo formato.

No obstante, la evolución tanto del caudal técnico como de las condiciones legales ha provocado, al fin y al cabo, también en este reglamento, un alejamiento de las bases con las que fue elaborado, por lo cual resulta necesaria su actualización."

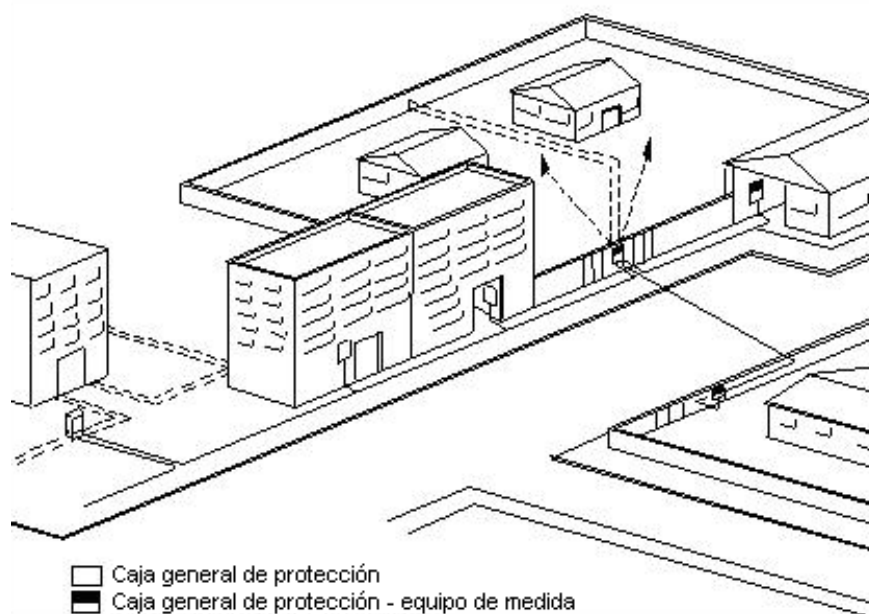


Figura 5.51 - Subterráneos a una finca a la cual se accede por la vía pública.

La estructura del articulado es la siguiente:

Artículo 1. Objeto.

Artículo 2. Campo de aplicación.

Artículo 3. Instalación eléctrica.



Artículo 4. Clasificación de las tensiones. Frecuencia de las redes.

Artículo 5. Perturbaciones en las redes.

Artículo 6. Equipos y materiales.

Artículo 7. Coincidencia con otras tensiones.

Artículo 8. Redes de distribución.

Artículo 9. Instalaciones de alumbrado exterior.

Artículo 10. Tipos de suministro.

Artículo 11. Locales de características especiales.

Artículo 12. Ordenación de cargas.

Artículo 13. Reserva de local.

Artículo 14. Especificaciones particulares de las empresas suministradoras.

Artículo 15. Acometidas e instalaciones de enlace.

Artículo 16. Instalaciones interiores o receptoras.

Artículo 17. Receptores y puesta a tierra.

Artículo 18. Ejecución y puesta en servicio de las instalaciones.

Artículo 19. Información a los usuarios.

Artículo 20. Mantenimiento de las instalaciones.

Artículo 21. Inspecciones.

Artículo 22. Instaladores autorizados.

Artículo 23. Cumplimiento de las prescripciones.

Artículo 24. Excepciones.

Artículo 25. Equivalencia de normativa del Espacio Económico Europeo.

Artículo 26. Normas de referencia.

Artículo 27. Accidentes.

Artículo 28. Infracciones y sanciones.



Artículo 29. Guía técnica.

Las instrucciones específicas son las siguientes:

ITC-BT-01: Terminología.

ITC-BT-02: Normas de referencia en el Reglamento electrotécnico de baja tensión.

ITC-BT-03: Instaladores autorizados y empresas instaladoras autorizadas.

ITC-BT-04: Documentación y puesta en servicio de las instalaciones.

ITC-BT-05: Verificaciones e inspecciones.

ITC-BT-06: Redes aéreas para distribución en baja tensión.

ITC-BT-07: Redes subterráneas para distribución en baja tensión.

ITC-BT-08: Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica.

ITC-BT-09: Instalaciones de alumbrado exterior.

ITC-BT-10: Previsión de cargas para suministros en baja tensión.

ITC-BT-11: Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas.

ITC-BT-12: Instalaciones de enlace. Esquemas.

ITC-BT-13: Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección.

ITC-BT-14: Instalaciones de enlace. Línea general de alimentación.

ITC-BT-15: Instalaciones de enlace. Derivaciones individuales

ITC-BT-16: Instalaciones de enlace. Contadores: ubicación y sistemas de instalación.

ITC-BT-17: Instalaciones de enlace. Dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia.

ITC-BT-18: Instalaciones de puesta a tierra.

ITC-BT-19: Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales.

ITC-BT-20: Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación.

ITC-BT-21: Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectoras.

ITC-BT-22: Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobre intensidades.



- ITC-BT-23: Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones.
- ITC-BT-24: Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra los contactos directos e indirectos.
- ITC-BT-25: Instalaciones interiores en viviendas. Número de circuitos y características.
- ITC-BT-26: Instalaciones interiores en viviendas. Prescripciones generales de instalación.
- ITC-BT-27: Instalaciones interiores en viviendas. Locales que contienen una bañera o ducha.
- ITC-BT-28: Instalaciones en locales de pública concurrencia.
- ITC-BT-29: Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión.
- ITC-BT-30: Instalaciones en locales de características especiales.
- ITC-BT-31: Instalaciones con fines especiales. Piscinas y fuentes.
- ITC-BT-32: Instalaciones con fines especiales. Máquinas de elevación y transporte.
- ITC-BT-33: Instalaciones con fines especiales. Instalaciones provisionales y temporales de obras.
- ITC-BT-34: Instalaciones con fines especiales. Ferias y stands.
- ITC-BT-35: Instalaciones con fines especiales. Establecimientos agrícolas y hortícolas.
- ITC-BT-36: Instalaciones a muy baja tensión.
- ITC-BT-37: Instalaciones a tensiones especiales.
- ITC-BT-38: Instalaciones con fines especiales. Requisitos particulares para la instalación eléctrica en quirófanos y salas de intervención.
- ITC-BT-39: Instalaciones con fines especiales. Cercas eléctricas para ganado.
- ITC-BT-40: Instalaciones generadoras de baja tensión.
- ITC-BT-41: Instalaciones eléctricas en caravanas. y parques de caravanas.
- ITC-BT-42: Instalaciones eléctricas en puertos y marinas para barcos de recreo.
- ITC-BT-43: Instalación de receptores. Prescripciones generales.
- ITC-BT-44: Instalación de receptores. Receptores para alumbrado.
- ITC-BT-45: Instalación de receptores. Aparatos de caldeo.
- ITC-BT-46: Instalación de receptores. Cables y folios radiantes en viviendas.



ITC-BT-47: Instalación de receptores. Motores.

ITC-BT-48: Instalación de receptores. Transformadores y auto transformadores. Reactancias y rectificadores. Condensadores.

ITC-BT-49: Instalaciones eléctricas en muebles.

ITC-BT-50: Instalaciones eléctricas en locales que contienen radiadores para saunas.

ITC-BT-51: Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios.

CAPITULO 6

DOCUMENTACION DEL PROYECTO

Capítulo 6

Documentación del Proyecto

6.1 Memoria descriptiva

El edificio proyectado se compone de dos pastillas lineales unidas perpendicularmente, resultando un conjunto edificado en forma de T. El edificio se sitúa en la parcela con una de las pastillas paralelas a un lindero lateral, de modo que la pastilla perpendicular a ésta, configura un espacio exterior delantero donde se desarrolla el acceso principal al conjunto y una zona exterior posterior en la que se sitúa una zona de aparcamiento descubierta y la rampa de acceso a los garajes.

El edificio se desarrolla en una planta baja, 4 plantas tipo, una planta de casetón y dos plantas bajo rasante.

En las plantas tipo se han dispuesto tres locales, de superficies semejantes todos ellos.

Cada planta dispone de un núcleo central de comunicaciones y servicio al que vierten cada uno de los locales. Está formado por 4 ascensores de uso público y un ascensor de servicio, además del núcleo de aseos.

En planta baja, además de los tres locales y el núcleo de comunicaciones, se sitúa el acceso principal al edificio, con una zona de recepción y conserjería.

En la planta de casetón se sitúan en el mismo todos los cuartos de instalaciones precisos. Se ha proyectado además en cubierta una pérgola de hormigón visto, bajo la cual se organizarán todas las instalaciones que deberán quedar al exterior en cubierta.

La zona de aparcamiento se organiza en dos plantas bajo rasante, además de una zona exterior en la que se sitúan plazas de aparcamiento, en la parte posterior de la parcela. Las plantas de sótano se organizan con un núcleo de comunicaciones e instalaciones central, una pastilla de instalaciones en un lateral y el resto son calles con plazas de aparcamiento a ambos lados. El resultado son 79 plazas en sótano 1 con 2 plazas de minusválidos, y 81 plazas en sótano 2 con 2 plazas más para minusválidos.

El resultado final son 164 plazas de aparcamiento bajo rasante, 4 de ellas de minusválidos, y 8 plazas de aparcamiento en superficie.

La zona libre de parcela se ha definido como una zona ajardinada, en la que se dispondrán hileras de arbolado de pequeño porte, que se definirán en el Proyecto de Final de Obra.

6.1.1 Objeto

El presente proyecto tiene por objeto establecer las características técnicas que han de regir para las Instalaciones eléctricas de un edificio de oficinas,

6.1.2 Propiedad

El presente proyecto ha sido encargado por la propiedad: APD, SA .

6.1.3 Descripción del edificio

El edificio se desarrolla en una planta baja, 4 plantas tipo, una planta de casetón y dos plantas bajo rasante.

En las plantas tipo se han dispuesto tres locales, de superficies semejantes todos ellos.

Cada planta dispone de un núcleo central de comunicaciones y servicio al que vierten cada uno de los locales. Está formado por 4 ascensores de uso público y un ascensor de servicio, además del núcleo de aseos.

En planta baja, además de los tres locales y el núcleo de comunicaciones, se sitúa el acceso principal al edificio, con una zona de recepción y conserjería.

En la planta de casetón se sitúan en el mismo todos los cuartos de instalaciones precisos. Se ha proyectado además en cubierta una pérgola de hormigón visto, bajo la cual se organizarán todas las instalaciones que deberán quedar al exterior en cubierta.

La zona de aparcamiento se organiza en dos plantas bajo rasante, además de una zona exterior en la que se sitúan plazas de aparcamiento, en la parte posterior de la parcela. Las plantas de sótano se organizan con un núcleo de comunicaciones e instalaciones central, una pastilla de instalaciones en un lateral y el resto son calles con plazas de aparcamiento a ambos lados. El resultado son 79 plazas en sótano 1 con 2 plazas de minusválidos, y 81 plazas en sótano 2 con 2 plazas más para minusválidos.

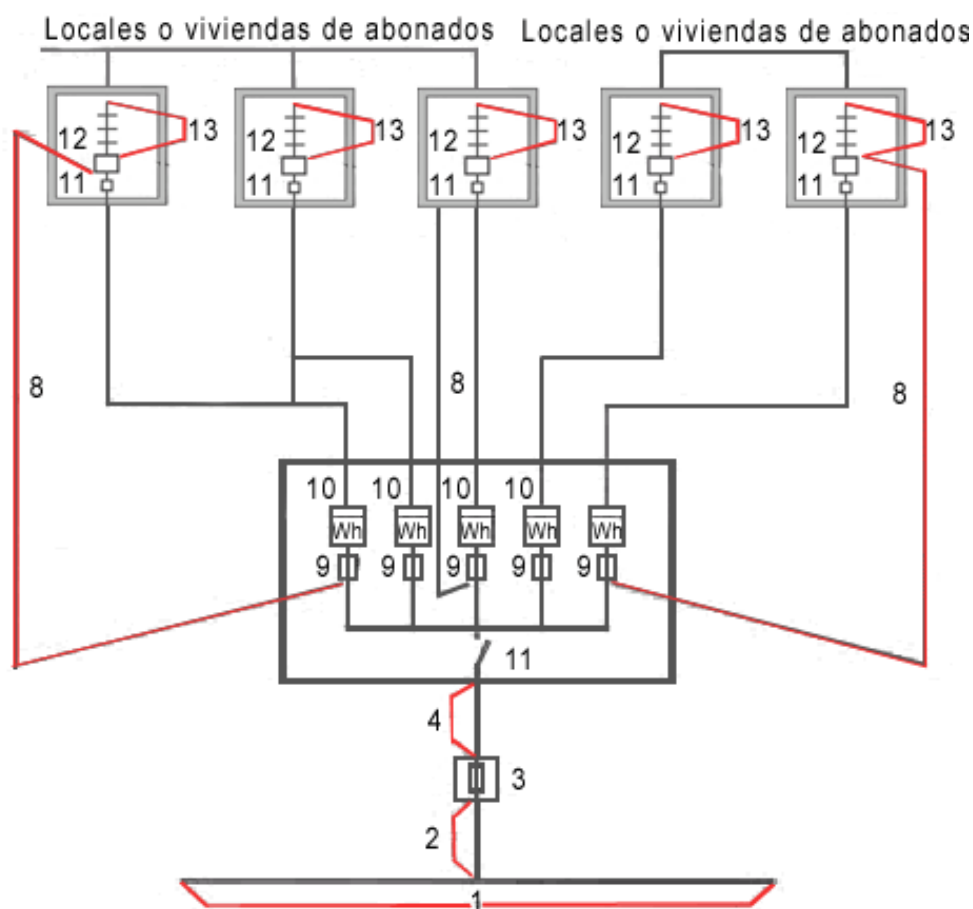
El resultado final son 164 plazas de aparcamiento bajo rasante, 4 de ellas de minusválidos, y 8 plazas de aparcamiento en superficie.

La zona libre de parcela se ha definido como una zona ajardinada, en la que se dispondrán hileras de arbolado de pequeño porte, que se definirán en el Proyecto de Ejecución.

6.2 Memoria técnica

6.2.1 Descripción general de la instalación eléctrica

A continuación pasamos a describir las diferentes partes de las que consta mi instalación, como se observa en el grafico que a continuación mostramos. , [2] , [4], [6] , [7].



- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1 Red de distribución | 8 Derivación individual. |
| 2 Acometida | 9 Fusible de seguridad |
| 3 Caja general de protección | 10 Contador |
| 4 Línea general de alimentación | 11 Caja para interruptor de control de potencia |
| 5 Interruptor general de maniobra | 12 Dispositivos generales de mando y protección |
| 6 Caja de derivación | 13 Instalación interior |
| 7 Emplazamiento de contadores | |

Figura 6.1 Descripción partes de la instalación

6.2.1.1 Acometida e instalaciones de enlace

➤ Acometida

La acometida partirá del Centro de Transformación de la compañía eléctrica más próximo.

Partiendo de la red de distribución de la compañía eléctrica se alimentará, de forma subterránea, la basa tripolar vertical (BTV) o Caja General de Protección ubicada en la fachada del edificio.

El tipo, naturaleza y número de los conductores a emplear serán fijados por la compañía eléctrica en función de las características del suministro.

Las BTV o Caja General de Protección corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora de energía eléctrica. Dispondrán de cortacircuitos fusibles en los conductores de fase, de un borne de conexión para el conductor neutro y de otro borne para la puesta a tierra de la caja, si procede.

Para poder efectuar la entrada o salida del cableado en la caja de acometida, se montarán tubos de PVC de diámetro adecuado según la sección de los cables a emplear.

En nuestro edificio únicamente habrá una acometida.

➤ Caja General de Protección

La caja general de protección sirve para conectar la instalación eléctrica de los clientes a la red de la empresa distribuidora, normalmente en baja tensión.

Además de realizar físicamente la conexión, delimita la propiedad y responsabilidad entre la empresa distribuidora y el cliente, y contiene fusibles para evitar que averías en

la red del cliente se extiendan a la red de la distribuidora y, por tanto, que afecten a otros clientes.

Se instalan preferentemente fuera de los edificios y en la zona más próxima a la red distribuidora, en lugares de libre y permanente acceso. Cuando la fachada no linde con la vía pública, la caja general de protección se situará en el límite entre las propiedades públicas y privadas.

Cuando la acometida (red de la empresa distribuidora) sea aérea podrán instalarse en montaje superficial, la instalación aérea se hará a una altura de entre 3 y 4 m del suelo. Cuando la acometida sea subterránea se instalará en el interior de un habitáculo en pared que se cerrará con una puerta preferentemente metálica. La parte inferior de la puerta se encontrará a un mínimo de 3 m del suelo.

Las cajas a utilizar serán según las normas UNE correspondientes y dentro de las mismas se instalarán fusibles en todos los conductores de fase, calibrados según la corriente de cortocircuito prevista en el punto de consumo, el neutro estará formado por una conexión amovible situada a la izquierda de las fases y dispondrá también de un borne para su conexión a tierra si procede.

Las Cajas Generales de Protección se recomienda que sean de la Clase II (doble aislamiento o aislamiento reforzado).

En nuestro edificio tendremos 7 cajas generales de protección que protegerán a las 6 líneas generales de alimentación.

3 cajas con bases cortacircuitos y fusibles calibrados de **400 A**.

4 cajas con bases cortacircuitos y fusibles calibrados de **250 A**.

➤ **Línea General de Alimentación**

La línea general de alimentación es aquella que enlaza la caja general de protección con la centralización de contadores, pudiéndose hacer derivaciones en el caso de disponer de más de una centralización de contadores

Las líneas generales de alimentación discurrirán, bajo tubo, por el techo del garaje de sótano, hasta alcanzar las mencionadas centralizaciones.

Las líneas generales de alimentación se han diseñado según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias para una potencia según cálculos.

El conductor a emplear será de cobre con características equivalentes a las de la norma UNE 21.123 (parte 4 ó 5), no propagador del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, irá protegido bajo tubo rígido en los tramos enterrados y en los de montaje superficial. Según normas de la compañía suministradora se aplicará la intensidad máxima admisible reflejada en la tabla 52-C4 de la norma UNE 20-460-94 parte 5-523, y la caída de tensión máxima en la línea general de alimentación será del 0,5 %, por tratarse de líneas generales de alimentación destinadas a contadores totalmente centralizados.

En nuestro edificio, tendremos 6 líneas generales de alimentación.

4 L.G.A de 240 mm².

2 L.G.A de 150 mm².

➤ **Centralización de Contadores**

Los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica, podrán estar ubicados en módulos (cajas con tapas precintables) o armarios.

Cada derivación individual debe llevar asociada en su origen su propia protección compuesta por fusibles de seguridad, con independencia de las protecciones correspondientes a la instalación interior de cada suministro. Estos fusibles se instalarán antes del contador y se colocarán en cada uno de los hilos de fase o polares que van al mismo, tendrán la adecuada capacidad de corte en función de la máxima intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en ese punto y estarán precintados por la compañía eléctrica.

Los cables serán como mínimo de 10 mm² de sección , salvo cuando se incumplan las prescripciones reglamentarias en lo que afecta a previsión de carga y caídas de tensión, en cuyo caso la sección será mayor.

En nuestro edificio, la centralización de contadores estará colocada en un local al uso, dedicado únicamente a este fin.

Formado por 4 módulos de 4 contadores trifásicos, para los 12 locales y para la alimentación de las zonas comunes y dejaremos espacio de reserva para futuras ampliaciones.

➤ **Derivación Individual**

Es la parte de la instalación que, partiendo de la centralización de contadores suministra energía eléctrica a una instalación de usuario.

La derivación individual se inicia en el embarrado general y comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección.

En nuestro caso, tendremos una derivación individual por cada local en planta (12 locales) más la alimentación del cuadro general de baja tensión (C.G.B.T).

6.2.1.2 Instalaciones interiores

➤ **Cuadros de Protección Individual**

Los dispositivos generales de mando y protección, se situaran lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en el local. En locales comerciales en los que se proceda, se colocara una caja para el interruptor de control de potencia, inmediatamente antes de los demás dispositivos en compartimento independiente y precintable. Dicha caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los

dispositivos generales de mando y protección. Los dispositivos individuales de mando y protección de cada uno de los circuitos que son el origen de la instalación interior, podrán instalarse en cuadros separados y otros lugares.

➤ **Instalación de Alumbrado**

Se considerara instalación de alumbrado a toda aquella en que la energía eléctrica se utilice preferentemente para iluminar el o los recintos considerados, sin perjuicio que a la vez se utilice para accionar artefactos electrodomésticos o maquinas pequeñas similares conectados a trabes de enchufes.

Cada circuito de alumbrado estará formado por centros de consumo, entendiéndose por tales a los artefactos de iluminación que se instalen en puntos físicos determinados o a los enchufes hembra que permitan la conexión de artefactos susceptibles de conectarse a este tipo de circuitos.

Las uniones y derivaciones que sea necesario hacer en los conductores de un circuito de alumbrado se ejecutaran siempre dentro de cajas. No se permite hacer la alimentación denominada “de centro a centro” sin cajas de derivación.

Los conductores de los circuitos deberán dimensionarse de modo tal que queden protegidos a la sobrecarga y al cortocircuito por la respectiva protección.

En nuestro edificio normalmente los circuitos serán de 10 A/16A, la potencia eléctrica necesaria a instalar para el alumbrado de nuestro edificio tendremos que tener en cuenta el nivel de iluminación requerido (exigido por norma que adjuntamos en los anexos) , el tipo de fuente luminosa que se empleara y por supuesto el área de recinto por iluminar (datos que introduciremos en el programa de cálculo DIALUX)

Nuestro edificio también estará dotado de un alumbrado de emergencia, que exige el reglamento, el cual deberá funcionar cuando la iluminación normal falle, por lo tanto deberá tener una fuente de alimentación complementaria, que en nuestro caso será un grupo electrógeno.

➤ **Instalación de Fuerza**

Se considerara instalación de fuerza a toda aquella en que la energía eléctrica se utilice para motores eléctricos o para corrientes iguales o superiores a 16 A.

Se tendrá que tener en cuenta que el consumo de estos aparatos en arrancada es superior al del consumo en régimen permanente, con lo cual la línea deberá ser dimensionada a tal efecto.

Las uniones y derivaciones que sea necesario hacer en los conductores de un circuito de fuerza se ejecutaran siempre dentro de cajas. No se permite hacer la alimentación denominada “de centro a centro” sin cajas de derivación.

Los conductores de los circuitos deberán dimensionarse de modo tal que queden protegidos a la sobrecarga y al cortocircuito por la respectiva protección.

En nuestro edificio normalmente los circuitos serán de 10/16/20 A en sistema monofásico y trifásico, para tomas de corriente, centrales, bombas, extractores, fancoils y enfriadoras.

Parte de esta potencia, también se colgará del grupo electrógeno, para que en caso de corte de suministro, determinados circuitos sigan funcionando.(grupo de saneamiento, extractores, alumbrado permanente del garaje, grupo de contra incendios, etc...)

➤ **Instalación de Red de Puesta a Tierra**

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al

mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Este valor de la resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

24 V en local o emplazamiento conductor

50 V en los demás casos.

En nuestro edificio nuestra red toma de tierra esta realizada con cobre desnudo de 35 mm², unido mediante soldadura aluminotérmica a la armadura de cada zapata, Además la red equipotencial en cuartos de baño y cocinas realizada con 4 mm², conectado a tierra todas las canalizaciones metálicas existentes y todos los elementos conductores que resulten accesibles según R.E.B.T

➤ Instalación de Sistema de Pararrayos

Será necesario la instalación de un sistema de protección contra el rayo cuando la frecuencia esperada de impactos Ne sea mayor que el riesgo admisible Na.

El informe de resultados (que más tarde adjuntare) nos informa de que es necesario la instalación de un sistema de pararrayos, formado por una cabeza electrocondensadora con sistema de anticipación en tiempo, con un radio de protección de 72 m, conductor de 50 mm² de sección, y conectado a tierra mediante placa de cobre electrolítico.

➤ Instalación de Suministro Complementario (Grupo Electrónico)

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador de electricidad a través de un motor de combustión interna. Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico. Así mismo, la legislación obliga a instalar un grupo electrógeno en lugares en los que haya grandes densidades de ocupaciones de personas

En nuestro edificio, todo el garaje ha sido considerado local de pública concurrencia con lo que estaremos obligados por normativa a cumplir con determinadas medidas, como será asegurar la tercera parte del alumbrado, la extracción de humos, o asegurar el correcto funcionamiento del grupo de contra incendios en caso de incendios, esto solo podremos lograrlo con un suministro complementario, en nuestro caso hemos escogido un grupo electrógeno para 300 KVA, formado por motor diesel refrigerado por agua, arranque eléctrico, alternador trifásico, en bancada apropiada, incluyendo circuito de conmutación de potencia red-grupo, escape de gases y silencioso, montado, instalado con pruebas y ajustes.

6.3 Cálculos

A continuación vamos a realizar los cálculos basándonos en los fundamentos teóricos anteriormente descritos, haremos un ejemplo para cada una de las partes principales de la instalación (líneas generales, derivaciones individuales, centralización de contadores...), y extrapolaremos para el resto de familias, con una hoja de cálculo abreviada. , [3], [4], [7]

6.3.1 Previsión de cargas

La carga total correspondiente a nuestro edificio destinado exclusivamente al uso de oficinas resulta de la suma de los servicios generales del edificio, de la correspondiente a los locales comerciales y de los garajes comunes al edificio.

Apoyándonos en la ITC-BT-10:

Carga correspondiente a los servicios generales:

Será la suma de la potencia prevista en ascensores aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado portal, caja de escalera y espacios comunes y en todo servicio eléctrico general del edificio sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad (factor simultaneo=1).



Haciendo una estimación, para todas las zonas comunes que queda reflejada en la Tabla siguiente:

CUADRO B.T. ASCENSOR 1	8500
CUADRO B.T. ASCENSOR 2	8500
CUADRO B.T. ASCENSOR 3	8500
CUADRO B.T. ASCENSOR 4	8500
CUADRO B.T. ASCENSOR 5 CUBIERTA	8500
CUADRO B.T. PLANTA SOTANO 2	7000
CUADRO B.T. PLANTA SOTANO 1	8000
CUADRO BAJA tensión PLANTA BAJA	50000
CUADRO BAJA tensión FUERZA P. PRIMERA	12000
CUADRO BAJA tensión FUERZA P. SEGUNDA	12000
CUADRO BAJA tensión FUERZA P. TERCERA	12000
CUADRO BAJA tensión FUERZA P. CUARTA	12000
CUADRO GRUPO PRESION FONTANERIA	5000
ALIMENTACION E. SOLAR	1500
CUADRO B.T. ZONAS COMUNES GRUPO ELECTROGENO	30000
CUADRO B.T. GRUPO PRESION CONTRAINCENDIOS	10000
CUADRO B.T. GRUPO ELECTROGENO	5000
CUADRO B.T. PLANTA SOTANO 2 GRUPO ELECTROGENO	8000
CUADRO B.T. EXTRACCION 1 P. SOTANO 2	16000
CUADRO B.T. EXTRACCION 2 P. SOTANO 2	8000
CUADRO B.T. PLANTA SOTANO 1 GRUPO ELECTROGENO	10000
CUADRO B.T. EXTRACCION 1 P. SOTANO 1	16000
CUADRO B.T. EXTRACCION 2 P. SOTANO 1	8000
CUADRO B.T. R.I.T.S.	3000
CUADRO B.T. R.I.T.I.	3000
CUADRO B.T. GRUPO SANEAMIENTO	5000
CUADRO GENERAL BAJA TENSION	284000

Tabla 6.1 Previsión de cargas zonas comunes

La carga correspondiente a los garajes se ha calculado con un ratio de 20 W/m² puesto que tiene ventilación forzada y con un coeficiente de simultaneidad de 1.



La carga correspondiente a las oficinas se ha calculado considerando un mínimo de 150 W/m² y coeficiente de simultaneidad de 1.

	SUPERFICIE (m ²)	PREVISION CON 150 W/m ²
CUADRO B.T LOCAL 1 P.B	340,6	51.090,0
CUADRO B.T LOCAL 2 P.B	355,58	53.337,0
CUADRO B.T LOCAL 3 P.B	113,15	16.972,5
CUADRO B.T LOCAL 1 P.1	355,58	53.337,0
CUADRO B.T LOCAL2 P.1	355,58	53.337,0
CUADRO B.T LOCAL 3 P.1	364,21	54.631,5
CUADRO B.T LOCAL 1 P.2	355,58	53.337,0
CUADRO B.T LOCAL2 P.2	355,58	53.337,0
CUADRO B.T LOCAL 3 P.2	364,21	54.631,5
CUADRO B.T LOCAL 1 P.3	355,58	53.337,0
CUADRO B.T LOCAL2 P.3	355,58	53.337,0
CUADRO B.T LOCAL 3 P.3	364,21	54.631,5
CUADRO B.T LOCAL 1 P.4	355,58	53.337,0
CUADRO B.T LOCAL2 P.4	355,58	53.337,0
CUADRO B.T LOCAL 3 P.4	364,21	54.631,5
TOTAL		766.621,5

Tabla 6.2 Previsión de cargas zonas oficinas

Sumando ambas potencias tendremos una previsión de potencia de nuestro edificio.

$$\text{Pot (Z.comunes)} + \text{Pot (Locales)} = \mathbf{1051 \text{ KW}}$$

6.3.2 Cálculos Línea General Acometida y Líneas secundarias

Basándonos en los fundamentos teóricos, pasamos a realizar un ejemplo de cada parte característica.

6.3.2.1 Ejemplo y justificación de cálculo para Línea General Acometida

➤ Línea General de Acometida a contador C.G.B.T.

Vamos a calcular la L.G.A que alimenta al contador de zonas comunes, es decir, la línea que alimenta a nuestro cuadro general de baja tensión.

Esta línea C.G.B.T, dependerá principalmente de la potencia que tenga que alimentar y de la distancia desde la caja general de protección hasta el cuarto de contadores.

Recordamos, que tenemos una limitación por caída de tensión y que al tratarse de contadores totalmente concentrados es de 0.5 % V.

La potencia simultanea de nuestro C.G.B.T es de 243.448 W y la longitud desde la C.G.P hasta el contador son aproximadamente 25 m.

La potencia en una línea trifásica debe calcularse como:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

siendo:

- **P** la potencia que consume la línea, en W.
- **U** la tensión eficaz, en V.
- **I** la intensidad eficaz en A.
- **cos φ** el factor de potencia.

Por tanto, la intensidad que circula por dicha línea es:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Sustituyendo la potencia real (243.448 W) la tensión (400V), el $\cos \varphi$ (0.85) obtenemos la corriente máxima que circulara por nuestra L.G.A

$$I = 415,1 \text{ A}$$

Para calcular la sección del conductor deberemos tener en cuenta la intensidad máxima que puede soportar el conductor. Una vez determinada dicha sección será posible determinar la caída de tensión en dicha línea.

- **Líneas trifásicas**

Del mismo modo, la mínima sección que debe tener un conductor de una línea en trifásico se calculará como:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e} = \frac{L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

Siendo para ambos casos:

- γ la conductividad del material del conductor a una cierta temperatura de trabajo, en $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$.
- L la longitud de la línea, en m.
- I la Intensidad, en A.
- $\cos \varphi$ el factor de potencia.
- S la sección, en mm^2 .
- U la tensión, en voltios.
- e la caída de tensión máxima permitida en la línea analizada, en voltios.
- P es la potencia, en vatios

de modo que la sección teórica seria:

$$S = 143 \text{ mm}^2$$

Pero para asegurarnos de un correcto funcionamiento y de futuras ampliaciones aguas abajo, el conductor elegido de entre las secciones comerciales tendrá una sección de .

$$S = 240 \text{ mm}^2$$

Una caída de tensión superior a la admisible puede provocar que los circuitos instalados en la línea funcionen incorrectamente, por eso lo más recomendable por seguridad es aumentar la sección del conductor.

- **Líneas trifásicas – Caída de tensión entre fases**

Del mismo modo, la caída de tensión que debe tener un conductor de una línea en trifásico se calculará como:

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \phi}{\gamma \cdot S} = \frac{L \cdot P}{\gamma \cdot S \cdot U} = \frac{L \cdot P \cdot \rho}{S \cdot U}$$

Del mismo modo, la caída de tensión entre fases puede calcularse como:

Siendo para ambos casos:

- **e** la caída de tensión máxima permitida en la línea analizada, en voltios.
- **γ** la conductividad del material del conductor a una cierta temperatura de trabajo, en $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$.
- **ρ** la resistividad del material del conductor a una cierta temperatura de trabajo, en $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$.
- **L** la longitud de la línea, en m.
- **I** la Intensidad, en A.
- **$\cos \phi$** el factor de potencia.
- **S** la sección del conductor instalada, en mm^2 .
- **U** la tensión, en voltios.
- **P** es la potencia, en vatios

de modo que sustituyendo:

$$e = 1,13 \text{ V}$$

Conocido el valor de la caída de tensión respecto a la tensión nominal, deberá realizarse la primera comprobación, es decir, que se cumpla que en cada línea la caída de tensión no sea mayor al límite permisible, que en nuestro caso al tratarse de una L.G.A con contadores totalmente concentrados el límite es 2 V (0.5 % V)

- **1ª COMPROBACION CALCULO POR CAIDA DE TENSION**

$$\text{Caída de tensión real (1.13V)} \leq \text{Caída de tensión admisible (2 V)}$$

Después de calcular la sección de nuestro cable, y comprobar que con ésta, cumplimos con el cálculo por caída de tensión pasaremos a calcular la protección necesaria de nuestra línea y realizar la segunda comprobación.

La línea deberá estar protegida ante los efectos de las sobre intensidades que puedan presentarse mediante interruptores magneto térmicos, los cuales se dimensionaran en base a dos aspectos: el tiempo de respuesta y el poder de corte Además de la intensidad nominal.

La intensidad nominal de un interruptor magneto térmico es la intensidad para la cual esta pensado que trabaje. De modo que si la intensidad que circula por la línea es mayor a la nominal del interruptor magneto térmico intentara abrir el circuito.

Para que el interruptor magneto térmico pueda proteger el cable su intensidad nominal debe ser siempre inferior a la tensión admisible de conductor que protege.

La comprobación del tiempo de respuesta pretende determinar que el cable escogido soporta durante ese periodo de tiempo el cortocircuito. Si no es así deberá aumentarse la sección del cable o colocar un interruptor magneto térmico con menor tiempo de respuesta, esta comprobación la obviaremos, ya que como se ha comentado en temas anteriores, los poderes de corte habituales de los interruptores son de 6 kA y 10 kA, y en ningún punto de nuestro edificio la corriente de cortocircuito será mayor a estos valores.

Así que directamente pasaremos al cálculo contra sobre cargas.

Una línea o circuito, que alimenta unas determinadas cargas puede decirse que esta debidamente protegido cuando se ha dimensionado correctamente tanto la sección del cable como la intensidad máxima del interruptor magneto térmico.

En estas circunstancias puede decirse que la protección trabaja correctamente.

Aun y así, cuando el periodo de funcionamiento es muy elevado, el efecto Joule (calor liberado por el paso de los electrones) va aumentando y, como consecuencia, también lo hace la intensidad que circula por el circuito. Cuando esta sobre intensidad llega a un cierto valor es cuando actúa la parte térmica del interruptor magneto térmico.

Para que la línea quede protegida a sobrecarga la protección debe cumplir, la 2ª comprobación.

$$I_{\text{consumo}} \leq I_{\text{nominal protección}} \leq I_{\text{admisible cable}}$$

La intensidad de consumo que es la intensidad calculada anteriormente.

$$I_{\text{consumo}} = 415,1 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la protección debe ser, tal y como indica la comprobación, superior a la intensidad de uso o consumo. De modo que escogiendo de entre la serie comercial de intensidades nominales de interruptores magneto térmicos permitida por la norma, se instalara un interruptor magneto térmico de 450 A (caja moldeada) ya que los interruptores de apartamento modular solo llegan hasta 125 A (carril DIN)

$$I_{\text{nominal protección}} = 450 \text{ A} \geq 415,1 \text{ A} = I_{\text{consumo}}$$

Para el cálculo de la intensidad admisible del cable deberá obtenerse previamente su sección, la cual deberá ser suficiente para cumplir que la caída de tensión provocada en la línea sea menor que la permitida por la norma (comprobación que anteriormente hemos verificado)

Esta sección anteriormente calculada era de 240 mm²

Una vez dimensionado el cable, ya es posible determinar su intensidad admisible mediante la tabla contenida en la ITC-BT-15 para una sección de 240 mm² (tubos montaje superficial).

$$I_{\text{máx admisible}} = 455 \text{ A}$$

Por lo tanto la sección anteriormente calculada, y con la cual asegurábamos que la caída de tensión estuviese por debajo de lo exigido por normativa, nos es suficiente para cumplir con la 2ª comprobación.

- **2ª COMPROBACION CALCULO POR DENSIDAD CORRIENTE**

ADMISIBLE

$$I_{\text{consumo}}(415 \text{ A}) \leq I_{\text{nominal protección}}(450 \text{ A}) \leq I_{\text{max.admisible}}(455 \text{ A})$$

Y por último para determinar el diámetro exterior del tubo (mm) en función de la sección, nos vamos la tabla de la ITC-BT-14, con 240 mm², le corresponde un tubo de 200 mm de diámetro. El conductor neutro deberá ser en general de la misma sección que los conductores de fase.

$$\varnothing_{\text{tubo}} = 200 \text{ mm}$$

6.3.2.2 Ejemplo y justificación de cálculo para Derivación Individual

➤ Derivación Individual a C.B.T. Local 1

Vamos a calcular la D.I que va desde la centralización de contadores en sótano 1º al cuadro de baja tensión del local 1 en planta baja.

Esta línea, dependerá principalmente de la potencia que tenga que alimentar y de la distancia desde el contador hasta el cuadro de mando y protección del local1.

Recordamos, que tenemos una limitación por caída de tensión y que al tratarse de contadores totalmente concentrados es de 1% V.

La potencia simultanea de nuestro C.B.T.P.B.1. es de 46.126 W y la longitud desde su contador hasta el cuadro, son aproximadamente 25 m.

La potencia en una línea trifásica debe calcularse como:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

siendo:

- **P** la potencia que consume la línea, en W.
- **U** la tensión eficaz, en V.
- **I** la intensidad eficaz en A.
- **cos φ** el factor de potencia.

Por tanto, la intensidad que circula por dicha línea es:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Sustituyendo la potencia real (46.126 W) la tensión (400V), el cos φ (0.85) obtenemos la corriente máxima que circulara por nuestra D.I

$$I = 94,4 \text{ A}$$

Para calcular la sección del conductor deberemos tener en cuenta la intensidad máxima que puede soportar el conductor. Una vez determinada dicha sección será posible determinar la caída de tensión en dicha línea.

• Líneas trifásicas

Del mismo modo, la mínima sección que debe tener un conductor de una línea en trifásico se calculará como:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e} = \frac{L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

Siendo para ambos casos:

- **γ** la conductividad del material del conductor a una cierta temperatura de trabajo, en m/Ω·mm².
- **L** la longitud de la línea, en m.
- **I** la Intensidad, en A.
- **cos φ** el factor de potencia.
- **S** la sección, en mm².
- **U** la tensión, en voltios.
- **e** la caída de tensión máxima permitida en la línea analizada, en voltios.
- **P** es la potencia, en vatios

de modo que la sección teórica sería:

$$S = 12,8 \text{ mm}^2$$

Pero para asegurarnos de un correcto funcionamiento y de futuras ampliaciones aguas abajo, el conductor elegido de entre las secciones comerciales tendrá una sección de .

$$S = 16 \text{ mm}^2$$

Una caída de tensión superior a la admisible puede provocar que los circuitos instalados en la línea funcionen incorrectamente, por eso lo más recomendable por seguridad es aumentar la sección del conductor.

- **Líneas trifásicas – Caída de tensión entre fases**

Del mismo modo, la caída de tensión que debe tener un conductor de una línea en trifásico se calculará como:

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S} = \frac{L \cdot P}{\gamma \cdot S \cdot U} = \frac{L \cdot P \cdot \rho}{S \cdot U}$$

Del mismo modo, la caída de tensión entre fases puede calcularse como:

Siendo para ambos casos:

- **e** la caída de tensión máxima permitida en la línea analizada, en voltios.
- **γ** la conductividad del material del conductor a una cierta temperatura de trabajo, en $\Omega \cdot \text{mm}^2$.
- **ρ** la resistividad del material del conductor a una cierta temperatura de trabajo, en $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$.
- **L** la longitud de la línea, en m.
- **I** la Intensidad, en A.
- **$\cos \varphi$** el factor de potencia.
- **S** la sección del conductor instalada, en mm^2 .
- **U** la tensión, en voltios.
- **P** es la potencia, en vatios

De modo que sustituyendo:

$$e = 3,21 \text{ V}$$

Conocido el valor de la caída de tensión respecto a la tensión nominal, deberá realizarse la primera comprobación, es decir, que se cumpla que en cada D.I la caída de tensión no sea mayor al límite permisible, que en nuestro caso al tratarse de una D.I con contadores totalmente concentrados el límite es 4 V (1 % V)

- **1ª COMPROBACION CALCULO POR CAIDA DE TENSION**

$\text{Caída de tensión real (3,21 V)} \leq \text{Caída de tensión admisible (4 V)}$
--

Después de calcular la sección de nuestro cable, y comprobar que con ésta, cumplimos con el cálculo por caída de tensión pasaremos a calcular la protección necesaria de nuestra línea y realizar la segunda comprobación.

La línea deberá estar protegida ante los efectos de las sobre intensidades que puedan presentarse mediante interruptores magneto térmicos, los cuales se dimensionaran en base a dos aspectos: el tiempo de respuesta y el poder de corte Además de la intensidad nominal.

La intensidad nominal de un interruptor magneto térmico es la intensidad para la cual esta pensado que trabaje. De modo que si la intensidad que circula por la línea es mayor a la nominal del interruptor magneto térmico intentara abrir el circuito.

Para que el interruptor magneto térmico pueda proteger el cable su intensidad nominal debe ser siempre inferior a la tensión admisible de conductor que protege.

La comprobación del tiempo de respuesta pretende determinar que el cable escogido soporta durante ese periodo de tiempo el cortocircuito. Si no es así deberá aumentarse la sección del cable o colocar un interruptor magneto térmico con menor tiempo de

respuesta, esta comprobación la obviaremos, ya que como se ha comentado en temas anteriores, los poderes de corte habituales de los interruptores son de 6 kA y 10 kA, y en ningún punto de nuestro edificio la corriente de cortocircuito será mayor a estos valores.

Así que directamente pasaremos al cálculo contra sobre cargas.

Una línea o circuito, que alimenta unas determinadas cargas puede decirse que esta debidamente protegido cuando se ha dimensionado correctamente tanto la sección del cable como la intensidad máxima del interruptor magneto térmico.

En estas circunstancias puede decirse que la protección trabaja correctamente.

Aun y así, cuando el periodo de funcionamiento es muy elevado, el efecto Joule (calor liberado por el paso de los electrones) va aumentando y, como consecuencia, también lo hace la intensidad que circula por el circuito. Cuando esta sobre intensidad llega a un cierto valor es cuando actúa la parte térmica del interruptor magneto térmico.

Para que la línea quede protegida a sobrecarga la protección debe cumplir, la 2ª comprobación.

$$I_{\text{consumo}} \leq I_{\text{nominal protección}} \leq I_{\text{admisible cable}}$$

La intensidad de consumo que es la intensidad calculada anteriormente.

$$I_{\text{consumo}} = 94,4 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la protección debe ser, tal y como indica la comprobación, superior a la intensidad de uso o consumo. De modo que escogiendo de entre la serie comercial de intensidades nominales de interruptores magneto térmicos permitida por la norma, se instalara un interruptor magneto térmico de 100 A (aparamenta modular carril DIN)

$$I_{\text{nominal protección}} = 100 \text{ A} \geq 94,4 \text{ A} = I_{\text{consumo}}$$

Para el cálculo de la intensidad admisible del cable deberá obtenerse previamente su sección, la cual deberá ser suficiente para cumplir que la caída de tensión provocada en la línea sea menor que la permitida por la norma (comprobación que anteriormente hemos verificado)

Esta sección anteriormente calculada era de 16 mm²

Una vez dimensionado el cable, ya es posible determinar su intensidad admisible mediante la tabla contenida en la ITC-BT-19 para una sección de 16 mm² (tubos montaje superficial B2).

$$I_{\text{máx admisible}} = 70 \text{ A}$$

Por lo tanto la sección anteriormente calculada, y con la cual asegurábamos que la caída de tensión estuviese por debajo de lo exigido por normativa, no es suficiente para cumplir con la 2ª comprobación.

- **2ª COMPROBACION CALCULO POR DENSIDAD CORRIENTE ADMISIBLE**

$I_{\text{consumo}}(94,4 \text{ A}) \leq I_{\text{nominal protección}}(100 \text{ A}) \leq I_{\text{max.admisible}}(70 \text{ A})$
--

Así que la sección que escogimos en su momento, es insuficiente para nuestra segunda comprobación, entonces lo que haremos será ponerle una sección tal, que su intensidad admisible sea mayor a los 100 A de la protección, la inmediatamente que cumple con esto es la sección de 35 mm².

$$S = 35 \text{ mm}^2$$

Y por último para determinar el diámetro exterior del tubo (mm) en función de la sección, nos vamos la tabla F de la ITC-BT-15 , con 35 mm², le corresponde un tubo

de 63 mm de diámetro. El conductor neutro deberá ser en general de la misma sección que los conductores de fase.

$$\varnothing_{\text{tubo}} = 63 \text{ mm}$$

6.3.2.3 Ejemplo y justificación de cálculo para circuito de alumbrado

➤ Circuito de alumbrado Local 1. AF1

Vamos a calcular el circuito AF1 que va desde el cuadro de protección y mando hasta todas las luminarias, que cubra ese circuito.

Este circuito, dependerá principalmente de la potencia que tenga que alimentar y de la distancia desde el cuadro hasta la luminaria más alejada de este.

Recordamos, que tenemos una limitación por caída de tensión y que al tratarse de un circuito de alumbrado es de 3% V.

La potencia simultanea de nuestro AF1, es de 570 W y la longitud desde el cuadro hasta la luminaria más alejada, son aproximadamente 30 m.

Esta potencia es el resultado de la suma de las potencias de las luminarias 3x36 W (luminaria en techo de 3 tubos) y 10 W (luminarias de emergencia)

Al tratarse de una instalación con fluorescencia se debe tener en cuenta el consumo eléctrico de dos componentes: la luminaria y la reactancia.

Además, el consumo de estos aparatos en arrancada es muy superior al del consumo en régimen permanente, con lo que la línea debe ser dimensionada para el instante del arranque.

Los circuitos de alimentación de lámparas o tubos de descarga están previstos para transportar la carga debida a los propios receptores y a sus elementos asociados con sus respectivas corrientes armónicas.

Según la norma, para poder tener en cuenta la arrancada en estos elementos de iluminación como son los tubos o lámparas de descarga (fluorescentes, downlights,...) hay que calcular la carga mínima multiplicando la potencia obtenida por un coeficiente de mayoración de cargas de 1,8:

$$P_{\text{arrancada}} = 1,8 \cdot P_{\text{régimen permanente}}$$

- **Líneas monofásicas**

De aquí se deduce que la intensidad que se debe prever para el cálculo del cable de nuestro circuito en líneas monofásicas es:

$$I = 1,8 \cdot \frac{P}{U}$$

siendo:

- **I** la intensidad en A.
- **P** la potencia con el respectivo 20% tenido en cuenta por el consumo de la reactancia, en W.
- **U** la tensión, en V.

Sustituyendo la potencia real (570 W) la tensión (230V), el $\cos \phi$ (0.85) obtenemos la corriente máxima que circulara por nuestro circuito AF1

$$I = 5,2 \text{ A}$$

Para calcular la sección del conductor deberemos tener en cuenta la intensidad máxima que puede soportar el conductor. Una vez determinada dicha sección será posible determinar la caída de tensión en dicha línea.

- **Líneas monofásicas**

La mínima sección que debe tener un conductor de una línea en monofásico se calculará como:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e} = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

Siendo para ambos casos:

- γ la conductividad del material del conductor a una cierta temperatura de trabajo, en $m/\Omega \cdot mm^2$.
- L la longitud de la línea, en m.
- I la Intensidad, en A.
- $\cos \varphi$ el factor de potencia.
- S la sección, en mm^2 .
- U la tensión, en voltios.
- e la caída de tensión máxima permitida en la línea analizada, en voltios.
- P es la potencia, en vatios.

de modo que la sección teórica sería:

$$S = 0,34 \text{ mm}^2$$

Pero para asegurarnos de un correcto funcionamiento y de futuras ampliaciones en el circuito, el conductor elegido de entre las secciones comerciales tendrá una sección de

$$S = 1,50 \text{ mm}^2$$

Una caída de tensión superior a la admisible puede provocar que el circuito instalado funcione incorrectamente, por eso lo más recomendable por seguridad es aumentar la sección del conductor.

- **Líneas monofásicas – Caída de tensión entre fase y neutro**

A raíz de las fórmulas descritas anteriormente, la caída de tensión entre fase y neutro para un circuito monofásico podría calcularse como:

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot S \cdot U} = \frac{2 \cdot L \cdot P \cdot \rho}{S \cdot U}$$

Del mismo modo, la caída de tensión entre fases puede calcularse como:

Siendo para ambos casos:

- **e** la caída de tensión máxima permitida en la línea analizada, en voltios.
- **γ** la conductividad del material del conductor a una cierta temperatura de trabajo, en $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$.
- **ρ** la resistividad del material del conductor a una cierta temperatura de trabajo, en $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$.
- **L** la longitud de la línea, en m.
- **I** la Intensidad, en A.
- **$\cos \varphi$** el factor de potencia.
- **S** la sección del conductor instalada, en mm^2 .
- **U** la tensión, en voltios.
- **P** es la potencia, en vatios

de modo que sustituyendo:

$$e = 1,59 \text{ V}$$

Conocido el valor de la caída de tensión respecto a la tensión nominal, deberá realizarse la primera comprobación, es decir, que se cumpla que en cada circuito la caída de tensión no sea mayor al límite permisible, que en nuestro caso al tratarse de un circuito de alumbrado el límite es 6.9 V (3 % V)

- **1ª COMPROBACION CALCULO POR CAIDA DE TENSION**

$$\text{Caída de tensión real (1,59 V)} \leq \text{Caída de tensión admisible (6,9 V)}$$

Después de calcular la sección de nuestro cable, y comprobar que con ésta, cumplimos con el cálculo por caída de tensión pasaremos a calcular la protección necesaria de nuestra línea y realizar la segunda comprobación.

El circuito deberá estar protegido ante los efectos de las sobre intensidades que puedan presentarse mediante interruptores magneto térmicos, los cuales se dimensionaran en base a dos aspectos: el tiempo de respuesta y el poder de corte Además de la intensidad nominal.

La intensidad nominal de un interruptor magneto térmico es la intensidad para la cual esta pensado que trabaje. De modo que si la intensidad que circula por la línea es mayor a la nominal del interruptor magneto térmico intentara abrir el circuito.

Para que el interruptor magneto térmico pueda proteger el cable su intensidad nominal debe ser siempre inferior a la tensión admisible de conductor que protege.

La comprobación del tiempo de respuesta pretende determinar que el cable escogido soporta durante ese periodo de tiempo el cortocircuito. Si no es Así deberá aumentarse la sección del cable o colocar un interruptor magneto térmico con menor tiempo de respuesta, esta comprobación la obviaremos, ya que como se ha comentado en temas anteriores, los poderes de corte habituales de los interruptores son de 6 kA y 10 kA, y en ningún punto de nuestro edificio la corriente de cortocircuito será mayor a estos valores.

Así que directamente pasaremos al cálculo contra sobre cargas.

Una línea o circuito, que alimenta unas determinadas cargas puede decirse que esta debidamente protegido cuando se ha dimensionado correctamente tanto la sección del cable como la intensidad máxima del interruptor magneto térmico.

En estas circunstancias puede decirse que la protección trabaja correctamente.

Aun y así, cuando el periodo de funcionamiento es muy elevado, el efecto Joule (calor liberado por el paso de los electrones) va aumentando y, como consecuencia, también lo hace la intensidad que circula por el circuito. Cuando esta sobre intensidad llega a un cierto valor es cuando actúa la parte térmica del interruptor magneto térmico.

Para que la línea quede protegida a sobrecarga la protección debe cumplir, la 2ª comprobación.

$$I_{\text{consumo}} \leq I_{\text{nominal protección}} \leq I_{\text{admisible cable}}$$

La intensidad de consumo que es la intensidad calculada anteriormente.

$$I_{\text{consumo}} = 5,2 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la protección debe ser, tal y como indica la comprobación, superior a la intensidad de uso o consumo. De modo que escogiendo de entre la serie comercial de intensidades nominales de interruptores magneto térmicos permitida por la norma, se instalara un interruptor magneto térmico de 10 A (aparamenta modular carril DIN)

$$I_{\text{nominal protección}} = 10 \text{ A} \geq 5,2 \text{ A} = I_{\text{consumo}}$$

Para el cálculo de la intensidad admisible del cable deberá obtenerse previamente su sección, la cual deberá ser suficiente para cumplir que la caída de tensión provocada en la línea sea menor que la permitida por la norma (comprobación que anteriormente hemos verificado)

Esta sección anteriormente calculada era de 1,5 mm²

Una vez dimensionado el cable, ya es posible determinar su intensidad admisible mediante la tabla contenida en la ITC-BT-19 para una sección de 1,5 mm² (tubos montaje superficial B2).

$$I_{\text{máx admisible}} = 18 \text{ A}$$

Por lo tanto la sección anteriormente calculada, y con la cual asegurábamos que la caída de tensión estuviese por debajo de lo exigido por normativa, nos es suficiente para cumplir con la 2ª comprobación.

- **2ª COMPROBACION CALCULO POR DENSIDAD CORRIENTE ADMISIBLE**

$$I_{\text{consumo}}(5,2 \text{ A}) \leq I_{\text{nominal protección}}(10 \text{ A}) \leq I_{\text{max.admisible}} (18 \text{ A})$$

Y por último para determinar el diámetro exterior del tubo (mm) en función de la sección, nos vamos a la tabla de la ITC-BT-19 , con 1.5 mm², le corresponde un tubo de 20 mm de diámetro. El conductor neutro deberá ser en general de la misma sección que los conductores de fase.

$$\varnothing_{\text{tubo}} = 20 \text{ mm}$$

6.3.2.4 Ejemplo y justificación de cálculo para circuito de fuerza

➤ Circuito de fuerza Local 1, CL1

Vamos a calcular el circuito CL1 que va desde el cuadro de protección y mando hasta la unidad interior de climatización,.

Este circuito, dependerá principalmente de la potencia que tenga que alimentar y de la distancia desde el cuadro hasta la unidad interior ubicada en el falso techo.

Recordamos, que tenemos una limitación por caída de tensión y que al tratarse de un circuito de fuerza es de 5% V.

La potencia simultanea de nuestro CL1, es de 2.210 W y la longitud desde el cuadro hasta la unidad, son aproximadamente 20 m.

Esta potencia la obtenemos de las especificaciones de las maquinas interiores de climatización.

El consumo de estos aparatos en arrancada también es superior al del consumo en régimen permanente, con lo cual la línea debe ser dimensionada para el instante del arranque. Los conductores que alimentan a uno o varios motores estarán dimensionados a una intensidad no menor al 125% de la intensidad total a plena carga, teniendo en cuenta un $\cos \varphi = 0.85$ para cada motor, si éste es convencional. El factor de potencia específico de cada motor viene determinado en la placa de características del motor, siendo 0.85 el más habitual.

- **Líneas monofásicas**

Por tanto, para líneas monofásicas, la intensidad prevista para un conductor que alimente a uno o más motores deberá ser, sea cual sea su régimen de trabajo (arrancada o permanente):

$$I = 1,25 \cdot \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

siendo:

- **I** la intensidad eficaz en A.
- **P** la potencia, en W.
- **U** la tensión, en V.

Sustituyendo la potencia real (2.210 W) la tensión (230V), el $\cos \varphi$ (0.85) obtenemos la corriente máxima que circulara por nuestro circuito CL1.

$$I = 14,1 \text{ A}$$

Para calcular la sección del conductor deberemos tener en cuenta la intensidad máxima que puede soportar el conductor. Una vez determinada dicha sección será posible determinar la caída de tensión en dicha línea.

- **Líneas monofásicas**

La mínima sección que debe tener un conductor de una línea en monofásico se calculará como:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e} = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

Siendo para ambos casos:

- γ la conductividad del material del conductor a una cierta temperatura de trabajo, en $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$.
- L la longitud de la línea, en **m**.
- I la Intensidad, en **A**.
- $\cos \varphi$ el factor de potencia.
- S la sección, en mm^2 .
- U la tensión, en voltios.
- e la caída de tensión máxima permitida en la línea analizada, en voltios.
- P es la potencia, en vatios

de modo que la sección teórica seria:

$$S = 0,59 \text{ mm}^2$$

Pero para asegurarnos de un correcto funcionamiento y de futuras ampliaciones en el circuito, el conductor elegido de entre las secciones comerciales tendrá una sección de.

$$S = 1,50 \text{ mm}^2$$

Una caída de tensión superior a la admisible puede provocar que el circuito instalado funcione incorrectamente, por eso lo más recomendable por seguridad es aumentar la sección del conductor.

Por eso en nuestro caso, creemos conveniente pasar a la sección inmediatamente superior, es decir 2,5 mm², por ser la sección mínima por lo general en los circuitos de fuerza.

- **Líneas monofásicas – Caída de tensión entre fase y neutro**

A raíz de las fórmulas descritas anteriormente, la caída de tensión entre fase y neutro para un circuito monofásico podría calcularse como:

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot S \cdot U} = \frac{2 \cdot L \cdot P \cdot \rho}{S \cdot U}$$

Del mismo modo, la caída de tensión entre fases puede calcularse como:

Siendo para ambos casos:

- **e** la caída de tensión máxima permitida en la línea analizada, en voltios.
- **γ** la conductividad del material del conductor a una cierta temperatura de trabajo, en m/ Ω ·mm².
- **ρ** la resistividad del material del conductor a una cierta temperatura de trabajo, en m/ Ω ·mm².
- **L** la longitud de la línea, en m.
- **I** la Intensidad, en A.
- **$\cos \varphi$** el factor de potencia.
- **S** la sección del conductor instalada, en mm².
- **U** la tensión, en voltios.
- **P** es la potencia, en vatios.

de modo que sustituyendo:

$$e = 2,74 \text{ V}$$

Conocido el valor de la caída de tensión respecto a la tensión nominal, deberá realizarse la primera comprobación, es decir, que se cumpla que en cada circuito la caída de tensión no sea mayor al límite permisible, que en nuestro caso al tratarse de un circuito de fuerza el límite es 11,5 V (5 % V)

- **1ª COMPROBACION CALCULO POR CAIDA DE TENSION**

$$\text{Caída de tensión real (2,74 V)} \leq \text{Caída de tensión admisible (11,5 V)}$$

Después de calcular la sección de nuestro cable, y comprobar que con ésta, cumplimos con el cálculo por caída de tensión pasaremos a calcular la protección necesaria de nuestra línea y realizar la segunda comprobación.

El circuito deberá estar protegido ante los efectos de las sobre intensidades que puedan presentarse mediante interruptores magneto térmica, los cuales se dimensionaran en base a dos aspectos: el tiempo de respuesta y el poder de corte además de la intensidad nominal.

La intensidad nominal de un interruptor magneto térmico es la intensidad para la cual esta pensado que trabaje. De modo que si la intensidad que circula por la línea es mayor a la nominal del interruptor magneto térmico intentara abrir el circuito.

Para que el interruptor magneto térmico pueda proteger el cable su intensidad nominal debe ser siempre inferior a la tensión admisible de conductor que protege.

La comprobación del tiempo de respuesta pretende determinar que el cable escogido soporta durante ese periodo de tiempo el cortocircuito. Si no es así deberá aumentarse la sección del cable o colocar un interruptor magneto térmico con menor tiempo de respuesta, esta comprobación la obviaremos, ya que como se ha comentado en temas anteriores, los poderes de corte habituales de los interruptores son de 6 kA y 10 kA, y en ningún punto de nuestro edificio la corriente de cortocircuito será mayor a estos valores.

Así que directamente pasaremos al cálculo contra sobre cargas.

Una línea o circuito, que alimenta unas determinadas cargas puede decirse que esta debidamente protegido cuando se ha dimensionado correctamente tanto la sección del cable como la intensidad máxima del interruptor magneto térmico.

En estas circunstancias puede decirse que la protección trabaja correctamente.

Aun y así, cuando el periodo de funcionamiento es muy elevado, el efecto Joule (calor liberado por el paso de los electrones) va aumentando y, como consecuencia, también lo hace la intensidad que circula por el circuito. Cuando esta sobre intensidad llega a un cierto valor es cuando actúa la parte térmica del interruptor magneto térmico

Para que la línea quede protegida a sobrecarga la protección debe cumplir, la 2ª comprobación.

$$I_{\text{consumo}} \leq I_{\text{nominal protección}} \leq I_{\text{admisible cable}}$$

La intensidad de consumo que es la intensidad calculada anteriormente.

$$I_{\text{consumo}} = 14,1 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la protección debe ser, tal y como indica la comprobación, superior a la intensidad de uso o consumo. De modo que escogiendo de entre la serie comercial de intensidades nominales de interruptores magneto térmicos permitida por la norma, se instalara un interruptor magneto térmico de 16 A (aparamenta modular carril DIN)

$$I_{\text{nominal protección}} = 16 \text{ A} \geq 14,1 \text{ A} = I_{\text{consumo}}$$

Para el cálculo de la intensidad admisible del cable deberá obtenerse previamente su sección, la cual deberá ser suficiente para cumplir que la caída de tensión provocada en la línea sea menor que la permitida por la norma (comprobación que anteriormente hemos verificado)

Esta sección anteriormente calculada era de 1,5 mm²

Una vez dimensionado el cable, ya es posible determinar su intensidad admisible mediante la tabla contenida en la ITC-BT-19 para una sección de 2,5 mm² (tubos montaje superficial B2).

$$I_{\text{máx admisible}} = 25 \text{ A}$$

Por lo tanto la sección anteriormente calculada, y con la cual asegurábamos que la caída de tensión estuviese por debajo de lo exigido por normativa, nos es suficiente para cumplir con la 2ª comprobación.

- **2ª COMPROBACION CALCULO POR DENSIDAD CORRIENTE ADMISIBLE**

$$I_{\text{consumo}}(14,1 \text{ A}) \leq I_{\text{nominal protección}}(16 \text{ A}) \leq I_{\text{max.admisible}}(25 \text{ A})$$

Y por último para determinar el diámetro exterior del tubo (mm) en función de la sección, nos vamos la tabla de la ITC-BT-19 , con 2,5 mm², le corresponde un tubo de 20 mm de diámetro. El conductor neutro deberá ser en general de la misma sección que los conductores de fase.

$$\varnothing_{\text{tubo}} = 20 \text{ mm}$$

6.3.3 Cálculos de alumbrado

Basándonos en los fundamentos teóricos, pasamos a realizar un ejemplo de cada zona representativa, nos hemos apoyado en un programa informático DIALUX, donde introducimos las dimensiones de nuestras zonas y las luminarias elegidas en cada una de ellas. [2], [4], [9]

El REBT, nos obliga a cumplir con unos mínimos de iluminación en estas estancias, y el DB HE 3 (C.T.E) nos limita el valor de la eficiencia energética VEEI.

ZONAS REPRESENTATIVAS:

- Zona de rodadura-1
- Zona de rodadura-2
- Local 3 (planta baja, con muro cortina)
- Cuarto de instalaciones agua y electricidad.

Las luminarias que utilizaremos son:

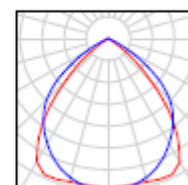
Para Zonas de rodadura y cuartos técnicos.



Y para los locales:

LOCAL 3 (PLANTA BAJA) / Lista de piezas de las luminarias

15 Pieza	<p>Philips IMPALA FBS160 3xPL-L36W/830 HF C6</p> <p>Nº de artículo:</p> <p>Flujo luminoso de las luminarias: 8700 lm</p> <p>Potencia de las luminarias: 107.0 W</p> <p>Clasificación luminarias según CIE: 100</p> <p>Código CIE Flux: 71 99 100 100 67</p> <p>Armamento: 3 x PL-L36W (Factor de corrección 1.000).</p>	<p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p>
----------	---	---



6.3.3.1 Ejemplo de cálculo para zona de garajes

➤ Zona de rodadura-1

ZONA DE RODADURA 1 SOTANO / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 71500 lm
Potencia total: 855.4 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades luminicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad luminica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	43	11	54	/	/
Suelo	43	11	54	20	3.42
Techo	0.18	13	13	70	2.99
Pared 1	35	16	51	50	8.11
Pared 2	32	10	42	50	6.74
Pared 3	5.87	6.84	13	50	2.02
Pared 4	33	11	44	50	7.02

Simetrías en el plano útil
 E_{\min} / E_m : 0.03
 E_{\min} / E_{\max} : 0.01

Valor de eficiencia energética: $1.68 \text{ W/m}^2 = 3.12 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 510.53 m^2)

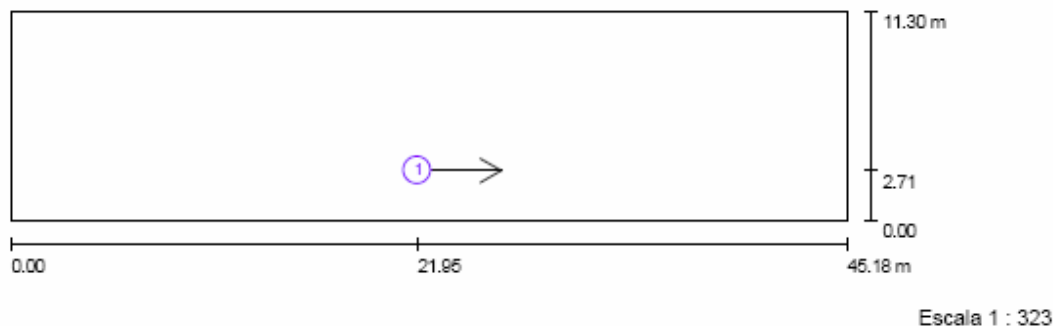
Cumplimos con los niveles mínimos de iluminación media sobre el plano útil, que en este caso es el suelo y con una eficiencia energética por debajo del valor limite, como vemos en la siguiente tabla 2.1 (aparcamientos, $VEEI=5 \text{ W/m}^2/100\text{lx}$)

Tabla 2.1 Valores límite de eficiencia energética de la instalación

grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 zonas de no representación	administrativo en general	3,5
	andenes de estaciones de transporte	3,5
	salas de diagnóstico ⁽⁴⁾	3,5
	pabellones de exposición o ferias	3,5
	aulas y laboratorios ⁽²⁾	4,0
	habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,5
	zonas comunes ⁽¹⁾	4,5
	almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	aparcamientos	5
	espacios deportivos ⁽⁵⁾	5
	recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5

También calculamos el índice de deslumbramiento, mediante la simulación de un observador.

ZONA DE RODADURA 1 SOTANO / Observador UGR (sumario de resultados)



Lista de puntos de cálculo UGR

Nº	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 1	21.955	2.715	1.200	0.0	>30

En 3D, una aproximación lumínica sería la siguiente:

ZONA DE RODADURA 1 SOTANO / Rendering (procesado) en 3D

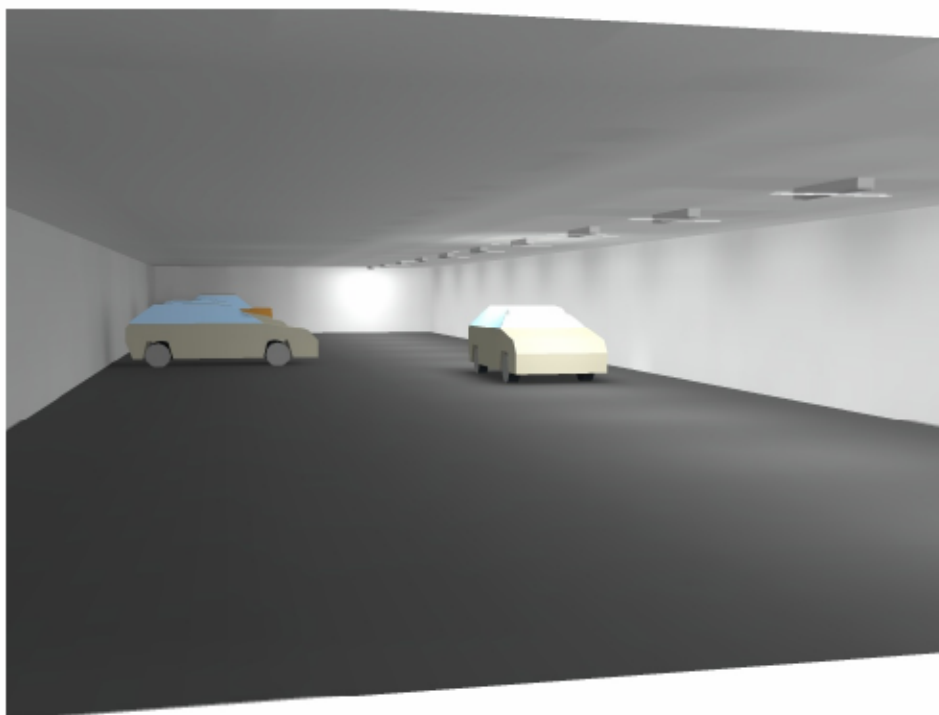


Figura 6.2 – Aproximación lumínica de la zona de rodadura 1.

➤ Zona de rodadura-2

ZONA DE RODADURA 2 SOTANO / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 65000 lm
Potencia total: 777.6 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	43	11	54	/	/
Suelo	44	11	54	20	3.46
Techo	0.18	14	14	70	3.07
Pared 1	32	11	43	50	6.82
Pared 2	31	15	46	50	7.33
Pared 3	33	11	44	50	7.00
Pared 4	6.69	7.04	14	50	2.19

Simetrías en el plano útil
 E_{min} / E_m : 0.02
 E_{min} / E_{max} : 0.01

Valor de eficiencia energética: $1.69 \text{ W/m}^2 = 3.11 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 460.84 m^2)

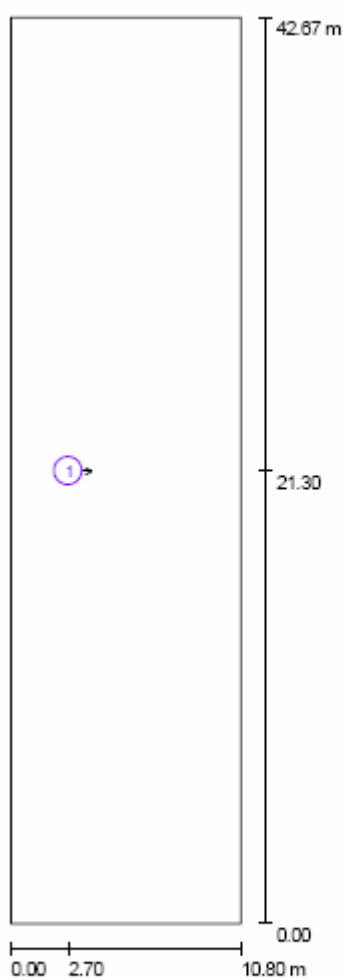
Cumplimos con los niveles mínimos de iluminación media sobre el plano útil, que en este caso es el suelo y con una eficiencia energética por debajo del valor límite, como vemos en la siguiente tabla 2.1 (aparcamientos, VEEI=5 W/m²/100lx)

Documento Básico HE Ahorro de energía

Tabla 2.1 Valores límite de eficiencia energética de la instalación

grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 zonas de no representación	administrativo en general	3,5
	andenes de estaciones de transporte	3,5
	salas de diagnóstico ⁽⁴⁾	3,5
	pabellones de exposición o ferias	3,5
	aulas y laboratorios ⁽²⁾	4,0
	habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,5
	zonas comunes ⁽¹⁾	4,5
	almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	aparcamientos	5
	espacios deportivos ⁽⁵⁾	5
	recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5

ZONA DE RODADURA 2 SOTANO / Observador UGR (sumario de resultados)



Escala 1 : 289

Lista de puntos de cálculo UGR

N°	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 1	2.700	21.300	1.200	0.0	26

En 3D, una aproximación lumínica sería la siguiente:

ZONA DE RODADURA 2 SOTANO / Rendering (procesado) en 3D

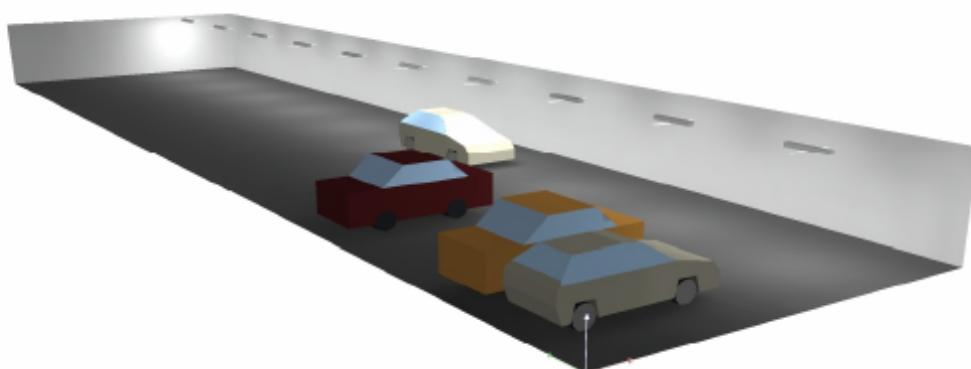


Figura 6.3 – Aproximación lumínica de la zona de rodadura 2.

6.3.3.2 Ejemplo de cálculo para zona cuartos técnicos

➤ Cuartos de instalaciones de agua y electricidad

INSTALACIONES AGUA Y ELECTRICIDAD / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 52000 lm
Potencia total: 622.1 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

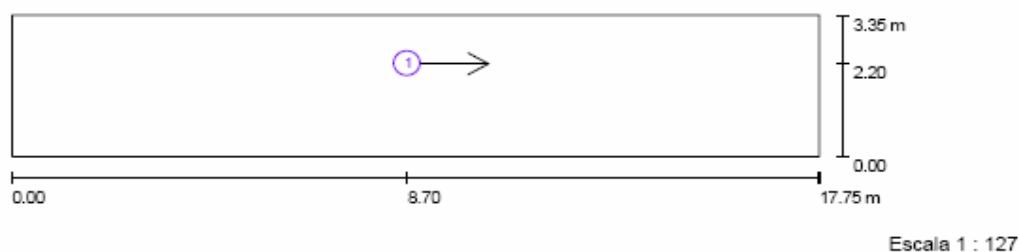
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	290	56	347	/	
Suelo	161	62	222	20	
Techo	0.22	62	62	70	
Pared 1	62	46	108	50	
Pared 2	142	60	202	50	
Pared 3	101	59	160	50	
Pared 4	140	52	193	50	

Simetrías en el plano útil
 E_{min} / E_m : 0.09
 E_{min} / E_{max} : 0.05

Valor de eficiencia energética: $10.46 \text{ W/m}^2 = 3.02 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 59.46 m^2)

Cumplimos con los niveles mínimos de iluminación media sobre el plano útil, que en este caso es el suelo y con una eficiencia energética por debajo del valor límite, como vemos en la siguiente tabla 2.1 (salas técnicas, $VEEI=5 \text{ W/m}^2/100\text{x}$)

INSTALACIONES AGUA Y ELECTRICIDAD / Observador UGR (sumario de resultados)



Lista de puntos de cálculo UGR

Nº	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 1	8.700	2.200	1.200	0.0	26

En 3D, una aproximación iluminica seria la siguiente:

INSTALACIONES AGUA Y ELECTRICIDAD / Rendering (procesado) en 3D

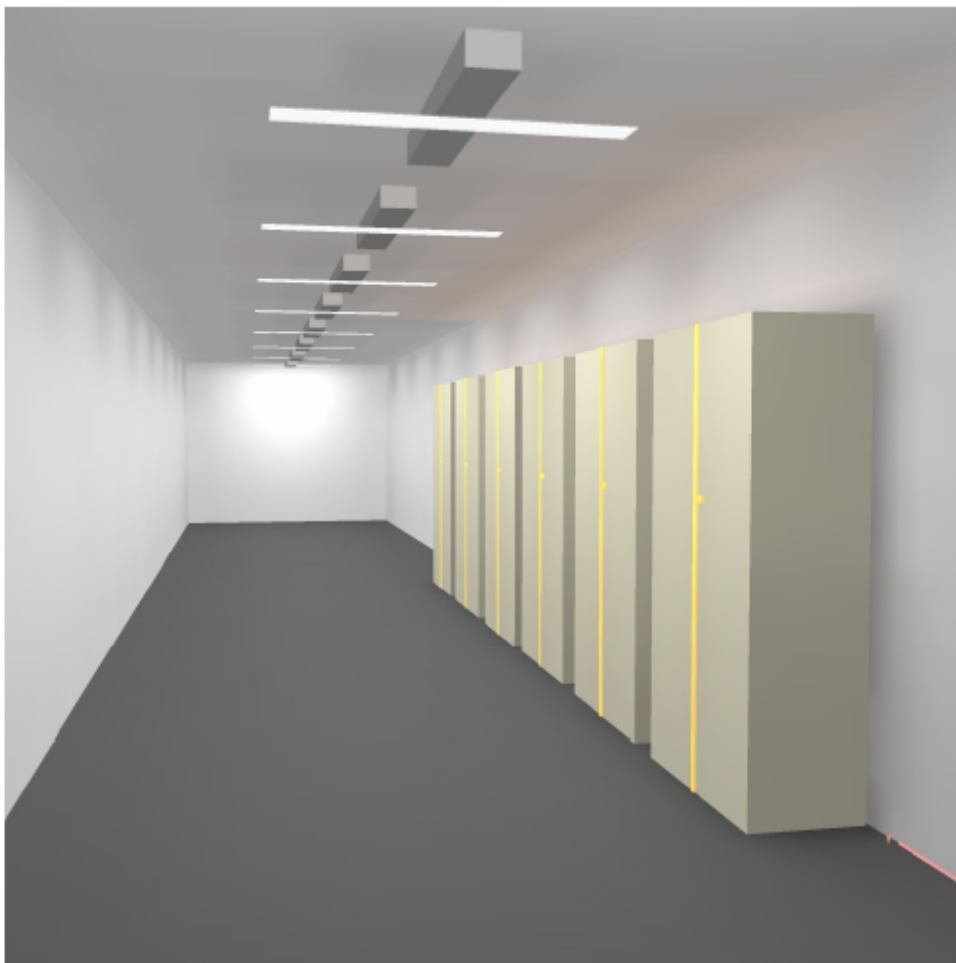


Figura 6.4 – Aproximación lumínica de cuartos eléctricos.



Figura 6.5 – Aproximación lumínica de cuartos técnicos.

6.3.3.3 Ejemplo de cálculo para zona de oficinas

➤ Local 3 en Planta Baja

LOCAL 3 (PLANTA BAJA) / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 130500 lm
Potencia total: 1605.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	505	90	595	/	/
Suelo	457	95	552	20	35
Techo	0.07	106	106	70	24
Pared 1	100	96	196	50	31
Pared 1_1	100	96	195	50	31
Pared 2	131	94	225	50	36
Pared 3	87	89	176	50	28
Pared 4	131	94	225	50	36

Simetrías en el plano útil
 E_{min} / E_m : 0.13
 E_{min} / E_{max} : 0.10

Valor de eficiencia energética: 14.09 W/m² = 2.37 W/m²/100 lx (Base: 113.93 m²)

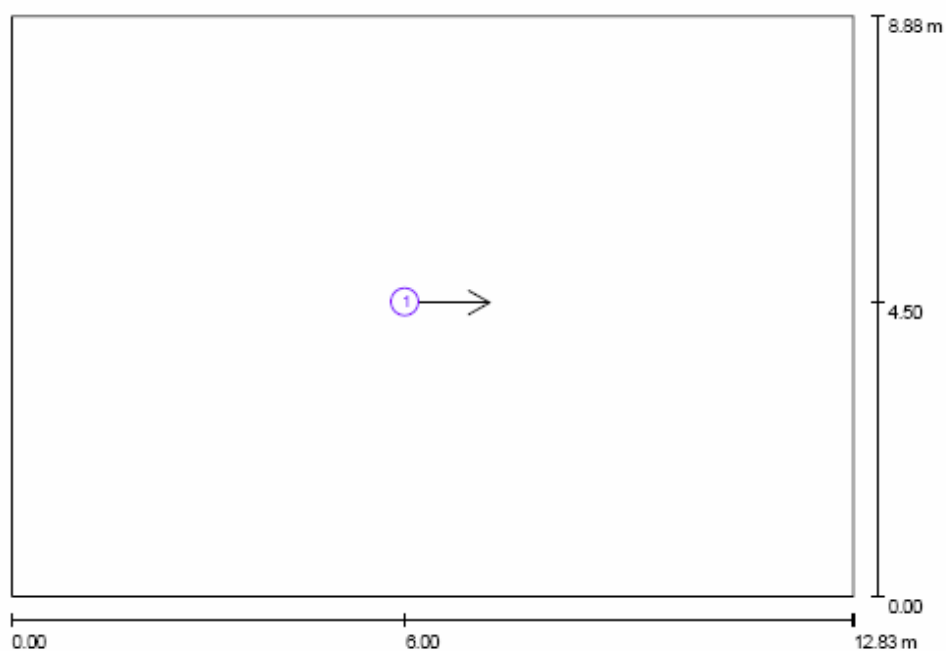
Cumplimos con los niveles minimos de iluminación media sobre el plano util, que en este caso es la mesa y con una eficiencia energetica por debajo del valor limite, como vemos en la siguiente tabla 2.1 (zonas de representacion, espacios donde el criterio de diseño, imagen o el estado animico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energetica. VEEI=6 W/m²/100lx)

Documento Básico HE Ahorro de energía

Tabla 2.1 Valores límite de eficiencia energética de la instalación

grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 zonas de no representación	administrativo en general	3,5
	andenes de estaciones de transporte	3,5
	salas de diagnóstico ⁽⁴⁾	3,5
	pabellones de exposición o ferias	3,5
	aulas y laboratorios ⁽²⁾	4,0
	habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,5
	zonas comunes ⁽¹⁾	4,5
	almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	aparcamientos	5
	espacios deportivos ⁽⁵⁾	5
	recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
2 zonas de representación	administrativo en general	6
	estaciones de transporte ⁽⁶⁾	6
	supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁹⁾	8
	hostelería y restauración ⁽⁸⁾	10
	religioso en general	10
	salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁷⁾	10
	tiendas y pequeño comercio	10
	zonas comunes ⁽¹⁾	10
	habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12
	recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10

LOCAL 3 (PLANTA BAJA) / Observador UGR (sumario de resultados)



Escala 1 : 92

Lista de puntos de cálculo UGR

Nº	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 1	6.000	4.500	1.200	0.0	18

También se ha comprobado que el índice de deslumbramiento está dentro de los niveles permitidos.

En 3D, una aproximación iluminica seria la siguiente:

LOCAL 3 (PLANTA BAJA) / Rendering (procesado) en 3D

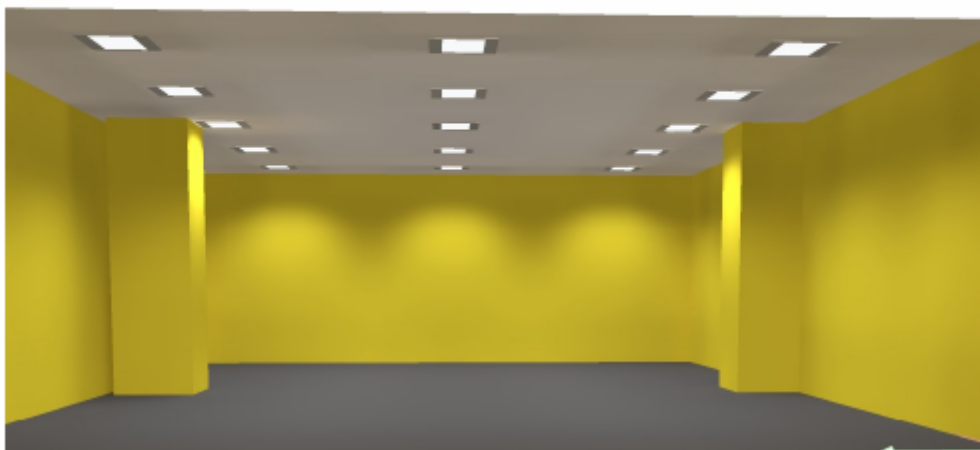


Figura 6.6 – Aproximacion luminica de un local comercial.

6.3.4 Cálculos Pararrayos

Apoyándonos en una herramienta informática proporcionada por el fabricante CIRPROTEC (NIMBUS PROJECT SU8,) introducimos una serie de variables y constantes de nuestro edificio, [2]:

- Situación geográfica de nuestro edificio (Madrid)
- Materiales de la estructura (hormigón)
- Situación de la estructura (rodeada de estructuras más bajas)
- Contenido de la edificación (no inflamable)
- Uso del edificio (oficinas)
- Dimensiones de nuestro edificio:

Altura= 22,3m
Anchura= 47,5 m
Profundidad= 47,5 m

Proyecto: **BELFAST-OFICINAS**

Ubicación: **POLIGONO DE LAS MERCEDES**

Realizado por: **Daniel Encinas Bermejo**

Informe de resultados obtenidos con Nimbus Project SU8

Según Código Técnico de Edificación, Sección SU8, seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo.

1. Necesidad de la instalación

Será necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo cuando la frecuencia esperada de impactos Ne sea mayor que el riesgo admisible Na.

Cálculo de la frecuencia esperada de impactos Ne

$$Ne = Ng \cdot Ae \cdot C1 \cdot 10 \text{ nº impactos / año}$$

- Densidad de impactos sobre el terreno: $N_g = 2.00$ n° impactos / año, Km²

- Superficie de captura equivalente: $A_e = 29027.8$ m²

(Según medidas edificio: H:22.30 L:47.50 I:47.50 m)

- Coeficiente relacionado con el entorno: $C_1 = 0.75$

(Situación estructura: Rodeada de estructuras más bajas)

Por lo tanto:

$$N_e = 0.0435 \text{ n° impactos / año}$$

Cálculo del riesgo admisible N_a

$$N_a = (5.5 / C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5) \cdot 10$$

- Coeficiente en función del tipo de construcción: $C_2 = 1$

(Estructura de hormigón - Cubierta de hormigón)

- Coeficiente en función del contenido del edificio: $C_3 = 1$

(Otros contenidos)

- Coeficiente en función del uso del edificio: $C_4 = 1$

(Resto de edificios)

- Coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades del edificio: $C_5 = 1$

(Resto)

Por lo tanto:

$$N_a = 5.50e-3$$

Conclusión ¿Es necesario instalar una protección?

$$N_e > N_a$$

$$0.0435 > 0.0055$$

ES NECESARIO INSTALAR UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO

2. Tipo de instalación

2.1 Eficiencia requerida

Cuando sea necesario disponer de una instalación de protección contra el rayo, ésta tendrá al menos la eficiencia E determinada por la siguiente fórmula:

$$E = 1 - (N_a / N_e) = 1 - (0.0055 / 0.0435) = 0.87$$

2.2 Nivel de protección

La siguiente tabla determina el nivel de protección correspondiente a la eficiencia requerida:

Nivel de protección

$E \geq 0.98$	1
$0.95 \leq E < 0.98$	2
$0.80 \leq E < 0.95$	3
$0 \leq E < 0.80$	4

En este proyecto el nivel de protección es 3

3. Pararrayos recomendado

A partir de la colocación del pararrayos (9: Centro) se determina que la mayor distancia a proteger es de 33.59 m.

Con todos los datos obtenidos de los puntos anteriores, Cirprotec le recomienda la instalación del siguiente pararrayos:

Nimbus CPT-1 con radio de cobertura de 72 m.

6.4 Pliego de condiciones

➤ Competencia del personal encargado de la ejecución

La ejecución de las instalaciones será confiada a personas cuyos conocimientos técnicos y prácticos les permitan realizar el trabajo correctamente, en el sentido que preside la ejecución de las presentes Instrucciones, [8].

➤ Replanteo

El director de las obras, hará sobre el terreno el replanteo general del trazado de cables y derivaciones, señalará los puntos de la instalación donde irán situadas las unidades luminosas en el caso de alumbrado y aparamenta, cuadros de conexión y demás unidades eléctricas propias de la instalación, especificando los puntos especiales como:

Curvas, cruces, cambio de secciones, puntos de máxima intensidad, máxima caída de tensión, etc.

➤ Marcha de la obra

Una vez iniciadas las obras, deberán continuarse sin interrupción y en el plazo estipulado.

Los retrasos cuando sean justificados, tendrán que ser aceptados por la dirección de la obra.

➤ Ejecucion mecanica del trabajo

Los distintos elementos de la instalacion, ya sean de alumbrado como de fuerza y servicios en general, serán montados de forma esmerada y bien acabada.

➤ Ejecucion de las conexiones

Las conexiones de los conductores entre si y con los aparatos o dispositivos será efectuada de modo que los contactos sean seguros, de duración y no se calienten anormalmente.

Los medios y procedimientos empleados serán apropiados con la naturaleza de los cables y al método de instalación de los mismos.

Los conductores desnudos, preparados para efectuar una conexión estarán limpios, carentes de toda materia u oxido que impida un buen contacto y sin daños producidos por las herramientas durante la operación de quitar el revestimiento del cable.

Los dispositivos de conexión estarán dimensionados de forma que los conductores puedan penetrar en ellos libremente.

Solo se quitara el aislamiento de los conductores en la longitud que penetre en las bornas de conexión, se instalaran piezas metálicas apropiadas, resistentes a la corrosión y que aseguren un contacto eléctrico eficaz.

Cuando un cable provisto de una cubierta protectora penetre en una envoltura de un aparato, en una caja de empalme o derivaciones, etc., la cubierta será también introducida, teniendo cuidado, si es metálica, que no sea puesta bajo tensión.

➤ **Dispositivos de mando y protección**

Todos los dispositivos de mando y protección, deberán estar calculados para tensiones y cargas de máxima utilización.

Deberán resistir y tendrán capacidad de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en cada punto.

➤ **Puntos de puesta a tierra**

Los puntos de puesta a tierra se situaran

-En el patio de luces destinado, cuartos de aseo y todas las tomas de corriente.

-En el local o lugar de centralización de contadores.

-En el punto de ubicación de la caja general de protección.

-En la base de las estructuras metálicas de los ascensores y montacargas.

-En cualquier local donde se prevea la instalación de elementos destinados a servicios generales o especiales que por su clase de aislamiento o condiciones de instalación deben ponerse a tierra.

➤ **Lineas principales de tierra. derivaciones**

Estarán constituidas por conductor de cobre con una sección mínima de 16mm².

➤ **Pliego de condiciones**

No podrán utilizarse como conductores de tierra, las tuberías de aguas, gas, calefacción, desagües, conductos de evacuación de humos o basuras, ni las cubiertas metálicas de las calles, tanto de las instalaciones eléctricas como teléfonos, como de cualquier otro servicio similar.

Las conexiones serán realizadas mediante dispositivos, con tornillos de apriete y otros similares, que garanticen una continua y perfecta conexión entre ellos.

➤ **Electrodos**

Serán de metales inatacables a la humedad y a la acción química del terreno y su sección nunca deberá ser inferior a $\frac{1}{4}$ de la sección del conductor que constituye la línea principal de tierra.

➤ **Picas verticales**

Serán de acero galvanizado de 14 mm de diámetro mínimo recubiertas de una capa protectora de cobre de espesor adecuado.

La longitud mínima de estos electrodos no será inferior 2m.

➤ Conductores enterrados horizontalmente

Los conductores enterrados serán de cobre desnudo con una sección mínima de 35 mm².

La conexión entre cable-cable o cable-pica se realizara por medio de soldaduras aluminotérmicas.

6.5 Presupuesto

El presupuesto se ha realizado en base a los precios del Colegio de Aparejadores de Guadalajara en 2008, hemos utilizado el programa Presto.

02.01	m.	ACOMETIDA TRIFÁSICA 3(1x150)+1x95 mm ² Al
02.02	ud	CAJA GENERAL PROTECCIÓN 250A.
02.03	ud	CAJA GENERAL PROTECCIÓN 400A.
02.04	m.	LÍNEA GRAL. ALIMENTACIÓN 4(1x150)mm ² Cu
02.05	m.	LÍNEA GRAL. ALIMENTACIÓN 4(1x240)mm ² Cu
02.06	m.	RED TOMA DE TIERRA ESTRUCTURA
02.07	ud	RED EQUIPOTENCIAL BAÑO
2.08	ud	MÓDULO CUATRO CONT.TRIFÁ. + RELOJ
02.09	m.	DERIVACIÓN INDIVIDUAL 5x25 mm ²
02.10	m.	DERIVACIÓN INDIVIDUAL 5x35 mm ²
02.11	m.	DERIVACIÓN INDIVIDUAL 5x50 mm ²
02.12	m.	DERIVACIÓN 3x2,5 mm ²
02.13	m.	DERIVACIÓN 5x6 mm ²
02.14	m.	DERIVACIÓN 5x10 mm ²
02.15	m.	DERIVACIÓN 5x16 mm ²
02.16	m.	DERIVACIÓN 5x25 mm ²
02.17	m.	DERIVACIÓN 5x1x120 mm ²



- 02.18 m. DERIVACIÓN 5x1x240 mm²
- 02.19 ud CUADRO B.T. PLANTA SOTANO 2
- 02.20 CUADRO B.T. P. SOTANO 2 G. ELECTROGENO
- 02.21 CUADRO B.T. PLANTA SOTANO 1
- 02.22 CUADRO B.T. P. SOTANO 1 G. ELECTROGENO
- 02.23 ud CUADRO B.T. EXTRACCION GARAJES 1
- 02.24 ud CUADRO B.T. EXTRACCION GARAJES 2
- 02.25 ud CUADRO B.T. PLANTA BAJA
- 02.26 ud CUADRO B.T. ZONAS COMUNES G. ELECTROGENO
- 02.27 ud CUADRO B.T. FUERZA P. TIPO
- 02.28 ud CUADRO GENERAL BAJA tensión
- 02.29 ud CUADRO B.T. ALIMENTACIONES G. ELECTROGENO
- 02.30 ud CUADRO B.T. P. TIPO LOCAL 1 y 2
- 02.31 ud CUADRO B.T. P. BAJA LOCAL 3
- 02.32 ud CUADRO B.T. P. TIPO LOCAL 3
- 02.33 ud CAJA I.C.P.(4P)
- 02.34 ud CIRCUITO MONOF. POTENCIA 10 A.
- 02.35 ud CIRCUITO MONOF. POT 10 A. CENTRALES
- 02.36 ud CIRCUITO MONOF. POT 10 A. SUELO LOCALES
- 02.37 ud CIRCUITO MONOF. POTENCIA 15 A.
- 02.38 ud CIRCUITO MONOF. POTENCIA 15 A. VISTO
- 02.39 ud CIRCUITO MONOF. 4 mm²
- 02.40 ud CIRCUITO MONOF. 6 mm²
- 02.41 ud CIRCUITO MONOF. 10 mm²
- 02.42 ud CIRCUITO TRIFASICO 1,5 mm²
- 02.43 ud CIRCUITO TRIFASICO 2,5 mm²
- 02.44 ud CIRCUITO TRIFASICO 4 mm²
- 02.45 ud P.LUZ SENCILLO SIMÓN 31



02.46	ud P.LUZ SENCILLO SIMÓN 31 ESTANCO
02.47	ud P.LUZ CONM. SIMÓN 31
02.48	ud P.LUZ CONM. SIMÓN 31 ESTANCO
02.49	ud P.LUZ ESCALE. SIMÓN 31
02.50	ud P.LUZ ESCALE. SIMÓN 31 ESTANCO
02.51	ud B.ENCH.SCHUKO SIMÓN 31
02.52	ud DETEC.INFRARR.PASIVO 10 m.
02.53	ud BASE SUP. IP447 16 A. 2P+TT
02.54	ud CAJA SUELO TÉCNICO 2 RED+2 SAI+MOD.RJ
02.55	ud CAJA EMPOTRAR 2 RED+2 SAI+MOD.RJ
02.56	ud RACK 19"
02.57	ud LUMIN.ESTANCA DIF.ACRÍLIC.2x36 W.HF
02.58	ud LUMINARIA FLUORESCENTE PHILIPS FB160 3xPL36W
02.59	ud EMERGENCIA mod: HYDRA N5S 215 Lm
02.60	ud EMERGENCIA mod: HYDRA N7S+HYDRA KES 315 Lum
02.61	ud LUMINARIA DOWNLIGHT PRO 1180 2x26W
02.62	ud APLIQUE ESTANCO HUBLOT 60W
02.63	ud APLIQUE PARED ESTANCO KLEWE PROMO E26 60W
02.64	ud BALIZA FLUORESCENTE COMPACTA TRILUX mod:88811 42W
02.65	ud EMERGENCIA mod: HYDRA N3S 160 Lum
02.66	ud APLIQUE PARED mod: OSCALUZ REF:0737-00-00 ZC E27 60W
02.67	ud APLIQUE PARED ESTANCA mod: KLEWE RADIA RING E27 23W
02.68	ud PORTERO ELEC. EDIFICIO
02.69	ud PARARRAYOS ELECTR. COND. 72 m.
02.70	ud GRUPO ELECTRÓGENO DE 300 KVA
02.71	ud LEGALIZACION instalación

TOTAL CAPÍTULO ELECTRICIDAD574.835,42 €

Proyecto Final de Carrera

157

Adjunto en anexos, el presupuesto detallado con sus partidas correspondientes.

6.6 Planos

A continuación adjuntamos los planos de nuestra instalación en tamaño A1, escala 1/100, para las bases de arquitectura y el diseño de nuestra instalación hemos utilizado el programa Autocad, diferenciando la instalación de alumbrado, instalación de fuerza, instalación de red de tierras, esquemas unifilares y esquema vertical de cuadros. Cada uno con sus respectivas leyendas y tablas de cálculo. El índice de planos sería el siguiente:

IE-01	PLANTA SÓTANO 2	ALUMBRADO Y FUERZA	1/100
IE-02	PLANTA SÓTANO 1	ALUMBRADO Y FUERZA	1/100
IE-03	PLANTA BAJA	ALUMBRADO	1/100
IE-04	PLANTA PRIMERA	ALUMBRADO	1/100
IE-05	PLANTA TIPO (2ª, 3ª y 4ª)	ALUMBRADO	1/100
IE-06	PLANTA CASETON	ALUMBRADO	1/100
IE-07	PLANTA BAJA	FUERZA	1/100
IE-08	PLANTA PRIMERA	FUERZA	1/100
IE-09	PLANTA TIPO (2ª, 3ª y 4ª)	FUERZA	1/100
IE-10	PLANTA CASETON	FUERZA	1/100
IE-11	PLANTA SÓTANO 2	RED DE TIERRAS	1/100
IE-12	ESQUEMA VERTICAL	ELECTRICIDAD	1/100
IE-13	ESQUEMA UNIFILAR 1	ELECTRICIDAD	S/E
IE-14	ESQUEMA UNIFILAR 2	ELECTRICIDAD	S/E
IE-15	ESQUEMA UNIFILAR 3	ELECTRICIDAD	S/E
IE-16	ESQUEMA UNIFILAR 4	ELECTRICIDAD	S/E



CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y OBJETIVOS

CONSEGUIDOS

Capítulo 7

Conclusiones y objetivos conseguidos

7.1 Conclusiones

En este proyecto se han llevado a cabo los cálculos, diseño y presupuesto de un edificio de oficinas. Esto ha servido de aplicación práctica a lo estudiado en el transcurso de la carrera en materias principalmente de electricidad, dimensionamiento de conductores, caídas de tensión, etc. , [4]

Cumpliendo con todos los objetivos marcados en un principio.

- Que la intensidad admisible por el cable sea superior a la demandada.
- Que la caída de tensión desde el cuadro general sea inferior al 3%.
- Que la sección de cable sea normalizada.
- Que la instalación tenga línea de tierra.
- Que la sección de la tierra sea acorde a la fase y al neutro asociado.
- Que las secciones de fase y neutro sean acordes.
- Que los cables entren en el interior del tubo asignado.
- Que el pia pueda trabajar a la tensión que se le solicita y que la intensidad a la que abre el circuito sea inferior a la máxima que soporta el cable.
- Que el poder de corte a cortocircuito en KA, de la PIA y/o magneto térmico sea mayor que la de la I_{cc} de la línea.
- Que no exista ninguna PIA, aguas abajo de mayor Intensidad.
- Que la intensidad de la línea, sea igual o menor que la de la protección, e igual o menor que la del cable utilizado.
- Que las intensidades de cortocircuito máxima y mínima, sean acordes a las del cable para que la protección dispare, antes de derretirse el mismo.
- Que esté protegida contra contactos indirectos aguas arriba.

Se puede afirmar, una vez finalizado el proyecto, que los resultados obtenidos, cálculos y presupuestos se adecuan a un proyecto real de ejecución.

7.2 Desarrollos futuros

Como posibles mejoras a nuestra instalación, considero que en vez de utilizar varias líneas generales de alimentación, hubiese sido más rentable colocar una BTV (bases tripulares verticales) que actuaría como una única caja general de protección, donde acometería una única línea general y que a la vez funcionaría como derivador porque de este saldrían las diferentes derivaciones a la centralización de contadores.

Otra mejora a destacar, hubiese sido colocar el grupo electrógeno más cerca de nuestro cuadro general de baja tensión, en vez de acometer desde la última planta (G.E) hasta la planta sótano 1(C.G.B.T), si hubiésemos colocado el grupo electrógeno en la misma planta que el cuadro general, el ahorro de cable del grupo al cuadro hubiese resultado sustancial, ya que este cable ha de cumplir con unas altas exigencias de aislamiento.

En cuanto a la eficiencia lumínica de nuestra instalación, considero que se podría haber aprovechado más la luz natural, si se hubiese colocado un sistema de regulación, con sensores de luz natural en el techo, cerca de las ventanas, aprovecharíamos la luz natural y reduciríamos así el consumo de nuestros equipos puesto que para llegar al nivel óptimo de luminosidad, con el aporte de luz natural, el aporte complementario sería mucho menor.

CAPITULO 8

BIBLIOGRAFÍA

Capítulo 8

Bibliografía

- **NORMATIVA**

- [1] REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Instrucciones Técnicas complementarias.
- [2] CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.(C.T.E.)
- [3] Norma Básica de la edificación sobre Protección Contra Incendios en los edificios (NBE-CPI-96).

- **DOCUMENTACIÓN**

- [4] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”, ediciones Experiencia, S.L., 2002.(R.E.B.T)

- **BIBLIOGRAFIA GENERAL**

- [5] Fraile Mora, J. Electromagnetismo y Circuitos Eléctricos (3ª Edición).
- [6] Sistemas eléctricos de potencia. J. Correa. CEILP
- [7] Protecciones Eléctricas. J. Correa. CEILP
- [8] Web de tecnología eléctrica.
- [9] Curso de Cypelec.



- [10] Cogdell, J.R., “Fundamentos de Circuitos Eléctricos”, Ed. Prentice Hall 2000.
- [11] Parra Prieto, V.M. Y OTROS, “Teoría de Circuitos”, Ed. UNED, Madrid 1981.
- [12] Edminister, J.A., “Circuitos Eléctricos”, Ed. Mc Graw-Hill Interam. Esp. Madrid 1997.